ORCYT

SEGEPLAN / USAC / SIECA

ILPES / CEPAL

III SEMINARIO - TALLER SOBRE PLANIFICACION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA EN AMERICA LATINA

Guatemala
10-21 de abril de 1989

IV. ASPECTOS TEORICOS Y METODOLOGICOS DE LA PLANIFICACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA

UNESCO / ORCYT-STP

UNESCO / ORCYT - STP
Br. Artigas 1320
11300 Montevideo
Uruguay

Teléfonos: (598-2) 496910, 498427
Télex: 22340 UNESCO UY
Fax: 414317

(22)

ELEMENTOS TEMATICOS Y METODOLOGICOS DE LA POLITICA Y PLANIFICACION CIENTIFICO-TECNOLOGICA EN AMERICA LATINA 1960-80

(borrador para discusión)

Eduardo Martínez
Sussex, 1982

página

Introducción 1

I. Los años sesenta y setenta en América Latina 6

II. Algunos aspectos temáticos y metodológicos de la política y planificación científico-tecnológica 14

A. Antecedentes y experiencias fuera de la región 14

B. Las experiencias en América Latina 32

Anexo I. Glosario

Referencias

INTRODUCCION

En la década de los años sesenta y, primordialmente, en la década de los setenta, se ha escrito mucho sobre el atraso de la ciencia y la tecnología en América Latina, su rol en el desarrollo económico social, los mecanismos e instrumentos de política científico-tecnológica utilizados. La discusión acerca de los aspectos metodológicos de la política y planificación científico-tecnológica ha sido relativamente limitada.

Estas cuestiones en sí no son nuevas; tienen antecedentes en la Revolución Industrial cuando los textiles, la extracción de carbón y los ferrocarriles imprimían la dinámica en la introducción de nuevas tecnologías. 1/

Históricamente la ciencia y la tecnología han estado separadas. El hecho del creciente impacto de la ciencia sobre la tecnología ha conducido a la idea equivocada de que la tecnología es solamente ciencia aplicada. La ciencia tiene su dinámica interna; en forma similar, la nueva tecnología frecuentemente emerge de tecnología más antigua (no de la ciencia). La tecnología antecedió a la ciencia; el hombre primitivo estaba familiarizado con diversas técnicas. La tecnología a

---

1/ Los efectos derivados de la introducción de nueva tecnología y la necesidad de intervención del gobierno (autoridad) ya eran debatidos a principios del siglo XVII, cuando en una villa en Holanda destruyeron el prototipo de una hiladora mecánica (y ahogaron a su inventor); o en 1675, cuando tejedores en Spitafield (Inglaterra), temerosos de ser desplazados, destruyeron algunas máquinas; o los más conocidos eventos en que Ned Lud (en 1779) destruyó dos máquinas tejedores, y artesanos 'Luditas' simpatizantes (1811-16) organizaron motines para la destrucción de maquinaria.

menudo se ha anticipado a la ciencia; con frecuencia las cosas son hechas sin un conocimiento preciso de cómo o por qué son hechas. La tecnología antigua (primitiva, artesanal) era casi exclusivamente de ese tipo. La ciencia y la tecnología entraron en una estrecha interacción durante el siglo XIX. Anteriormente pocas invenciones eran basadas en la ciencia; ellas se apoyaban casi completamente en el conocimiento empírico y la perspicacia de artesanos, sin componentes científicos perceptibles. Hacia la segunda mitad del siglo XIX la ciencia estimuló muchas invenciones conduciendo al crecimiento de tecnologías e industrias basadas en la ciencia, como en el caso de la electricidad y la química. En la época de la Revolución Industrial (siglos XVIII y XIX) el desarrollo de maquinaria, que revolucionó la producción, fue principalmente el resultado de pesquisas empíricas. En el siglo XX el desarrollo de maquinaria, procesos y productos nuevos ha sido principalmente el resultado (indirecto) de investigación científica; el elemento inicial con influencia revolucionaria en la producción no ha sido la maquinaria sino la ciencia. Entonces, históricamente, el rol que la ciencia ha jugado en el desarrollo de las fuerzas productivas comprende tres períodos: (i) la aplicación precientífica de las leyes de la naturaleza a la tecnología y las fuerzas productivas; (ii) la primera fase de la aplicación consciente, en gran escala de la ciencia, como tal, a las fuerzas productivas (siglo XIX y principios del siglo XX); (iii) la relación estrecha e 'institucionalizada' entre la ciencia y la producción (las 'ciencias tecnológicas' -siglo XX). Actualmente, la ciencia y la tecnología están extraordinariamente interrela-

cionadas (entremezcladas). Por un lado, existe una creciente 'cientificación' de la producción. Por otro, la ciencia misma (ciencias naturales) en cierto modo está deviniendo 'tecnológica', o sea, crecientemente descansa sobre la base técnica de la experimentación, la 'producción-experimental' del laboratorio, la organización fabril (frecuentemente, el conocimiento científico requiere soluciones técnicas a sus problemas y la 'configuración material', la materialización, de sus descubrimientos). Sin embargo, ello no significa la transformación de la ciencia en una llamada 'fuerza productiva directa'. La penetración mutua de la ciencia y la tecnología no elimina las distinciones fundamentales entre el trabajo científico y el trabajo productivo directo, o la distinción social entre sus sujetos. No parece posible explicar las relaciones entre la ciencia y la tecnología sobre una base causal simple, antes bien existe una relación dialéctica entre las dos.

Antes de proseguir con nuestra discusión, parecería conveniente distinguir claramente lo que comprenden las actividades científico tecnológicas, y la política y la planificación científico tecnológica[2/].

Las actividades científico tecnológicas son acciones sistemáticas relacionadas directa y específicamente con el desarrollo científico tecnológico, con la generación, difusión, transmisión y aplicación de conocimientos científico tecnológicos (planificación científico tecnológica; investigación científica; investigación tecnológica; in

---

2/ Para una discusión de otros términos vease el Glosario (Anexo I)

vestigación de apoyo; transferencia de tecnología; servicios de información; servicios de consultoría, ingeniería y asistencia técnica; metrología; formación de personal científico técnico necesario para estas actividades).

La política científico tecnológica comprende el conjunto de principios declaraciones, medidas y acciones, instrumentos y mecanismos, que persiguen el desarrollo científico tecnológico en el mediano y largo plazo, dentro del marco de objetivos globales de desarrollo económico social. El término 'política de la ciencia' en algunas ocasiones se utiliza como una abreviación de política de ciencia y tecnología; aunque, en otras, se ha usado como equivalente de 'política de investigación científica y tecnológica' (promoción, financiamiento y coordinación). Por otra parte, la expresión 'política tecnológica' se ha empleado en el sentido de opciones tecnológicas para la industria (que está muy vinculade a la política industrial); recientemente se habla de 'políticas para la innovación industrial', que constituyen, de hecho, el punto de convergencia (fusión) entre la política científico tecnológica y la política industrial. Existe consenso en que la política científico tecnológica no debe de estar restringida a impulsar la generación, difusión y transmisión de conocimientos, sino que también debe de asegurar que las actividades científico tecnológicas contribuyan al logro de objetivos económicos, sociales y políticos.

La planificación científico tecnológica es el proceso de asignación y utilización de recursos (escasos), definición de criterios para

la ejecución de actividades científico tecnológicas, y seguimiento y evaluación de estas acciones; con el fin de alcanzar un conjunto de metas, que representan un avance hacia la consecución de objetivos (de largo plazo) de desarrollo científico tecnológico, en un período de tiempo determinado y dentro del contexto de objetivos nacionales de desarrollo económico social.

Parece existir acuerdo en que, en general, las metodologías de planificación científico tecnológica no han avanzado mucho y que se encuentran en un nivel relativamente modesto. Con el fin de superar algunas dificultades metodológicas, con frecuencia se han tomado conceptos y técnicas tanto de la planificación económica como de otras disciplinas, aunque no siempre con suficiente especificidad en su aplicación.

I. LOS AÑOS SESENTA Y SETENTA EN AMERICA LATINA

Durante los años 50, 60 y parte de los 70 la mayoría de los países latinoamericanos lograron tasas de crecimiento económico (y absorción tecnológica) relativamente altas.[3/] Hubo una considerable difusión de tecnología; aumentó la producción de bienes de consumo final, se incrementó el producto per capita.[4/] Asimismo, hubo cambios importantes en la estructura de la producción y del empleo, disminuyendo la participación del sector agrícola, y aumentando la del sector industrial (también la de los sectores minería, construcción, transporte y energía). Los bienes de consumo alcanzaron aproximadamente la mitad de la producción industrial (proporción que actualmente tiende a disminuir), si bien la producción de bienes de capital se mantuvo relativamente baja.[5/]

La inserción de las economías latinoamericanas en la eco-

3/ En general, durante este período las tasas de crecimiento tanto de los países desarrollados como en desarrollo fueron mayores que en los años previos; véase: UNCTAD (1981), pp. 7-12

4/ Véase, por ejemplo: United Nations (1966) and (1977), Statistical yearbook 1966 and 1977 (U.N., New York); UNCTAD (1979), Handbook of international trade and development statistics 1979 (U.N., Geneve)

5/ Para una discusión sumaria del rol de la industria de bienes de capital en los países menos desarrollados, y sus implicaciones tecnológicas, véase: Michele Snoeck (1980), Capital goods production in less developed countries: a critical review of some theoretical and empirical issues (University of Sussex (dissertation), England, 79 p.)

nomía mundial ocurrió a través de la tradicional exportación de materias primas, lo cual restringió la diseminación del progreso técnico principalmente a las actividades económicas ligadas a la exportación y ocasionó una estructura productiva especializada y heterogénea; paralelamente las escasas actividades científico tecnológicas se mantuvieron aisladas de la producción. Mientras que, en los países desarrollados, el progreso técnico se diseminó a todo el aparato productivo en un período de tiempo relativamente corto, sobre una base científico tecnológica endógena, resultando en una estructura productiva diversificada y homogénea.[6/]

En una forma u otra, la mayoría de los países de América Latina siguieron, con posterioridad a la Segunda Guerra Mundial, una política deliberada de industrialización (de 'crecimiento hacia adentro') basada en la sustitución de importaciones (transplante de tecnologías importadas de los países desarrollados). Particularmente desde fines de la década del 50, numerosos gobiernos establecieron instituciones, programas y proyectos de industrialización. No obstante, el proceso de sustitución de importaciones habría de agotarse en la década del 70.

La sustitución de importaciones pareciera mostrar algunos logros al mirar a los índices cuantitativos de los grandes agregados;[7/] pero de hecho la dependencia económica, financiera, tecnológica no ha disminuído (probablemente se ha

---

6/ CEPAL (1979), pp. 7-8

7/ Entre 1950 y 1975 la región latinoamericana cuadruplicó su producto bruto total y quintuplicó su producción de manufacturas (CEPAL (1979), p. 18)

acrecentado); el proceso no ha sido capaz de desplegar una dinámica propia de crecimiento; los niveles de desempleo y la extensión de la miseria y la marginalidad prevalecen (en algunos casos han aumentado). Parece existir consenso en que el proceso de industrialización en la región ha sido fuertemente influenciado por una distribución del ingreso marcadamente desigual (lo cual ha tenido un claro efecto en la demanda de bienes de consumo).

El proceso de substitución de importaciones posibilitó una mayor diversificación, aunque sin eliminar la falta de complementareidad en los sectores productivos. Fue estimulado por la expansión del mercado interno, las transacciones regionales (particularmente las subregionales) y por el comercio exterior. Debido, en parte, a la influencia creciente de las corporaciones transnacionales, la maduración tecnológica en el sector industrial ha ocurrido alejada tanto del dominio de las políticas públicas como de las actividades científico tecnológicas locales.

El proceso de substitución de importaciones, a diferencia de los países industrializados, se ha basado en el transplante de tecnologías (a veces obsoletas). El fenómeno de transferencia de tecnología en América Latina se reduce en muchos casos al transplante de tecnología de parte de las corporaciones transnacionales a sus subsidiarias en la región y a la transferencia de ideología (especialmente en relación al consumo). 8/

8/ A este respecto véase: E. Martínez (1980 b)

La producción de bienes de capital ha sido poco significativa (desplazando el imbalance a otro nivel) y se han importado a la región con la ayuda de subsidios, tanto al capital nacional como al extranjero, y el ingreso de corporaciones transnacionales, empresas consultoras y agentes financieros de los países desarrollados. Las tecnologías modernas requirieron el establecimiento de unidades productivas con capacidades mayores que el mercado interno, favoreciendo estructuras monopólicas de producción. Se han introducido tecnologías inapropiadas tanto en términos de procesos como en relación a los productos.[9/]

Naturalmente, el progreso tecnológico no se ha circunscrito al sector industrial. En la agricultura se han producido considerables avances, en relación a semillas mejoradas, técnicas de siembra y cosecha, irrigación y uso de agua, técnicas de producción animal, uso de equipo y herramientas, agroquímicos (fertilizantes, herbicidas, pesticidas), etc. Si bien ello ha sido acompañado de mayor concentración en el ingreso rural y aumento del desempleo.

Ya a fines de la década de los sesenta se señalaba insistentemente la importancia de adoptar políticas y planes científicos y tecnológicos nacionales y la necesidad de crear organismos especializados encargados de elaborar y controlar dichas políticas, todo ello estrechamente vinculado a la plani-

---

Para una discusión detallada de este aspecto véase: F. Stewart (1977), esp. pp. 10-22 y 58-113

ficación económico social.[10/] Desde entonces se reconocía que no se había logrado un desarrollo tecnológico endógeno; ni puesto en marcha los mecanismos e instrumentos de política científico tecnológica requeridos para ello. Dentro del contexto de metas agregadas, programas sectoriales, proyectos, componentes financieros, materiales, de equipamiento y de personal, ha existido escaso reconocimiento de la variable ciencia y tecnología y de la necesidad de formular políticas científico tecnológicas. La política económica no ha tenido efectos positivos para lograr un desarrollo tecnológico más autónomo; y, en general, la planificación económico social no ha tenido éxito.

En este siglo los gobiernos de todos los países latinoamericanos adoptaron, al menos oficialmente, políticas destinadas a promover el desarrollo económico y social. Muchos de ellos, especialmente a partir de los años 50, han hecho esfuerzos para impulsar el 'desarrollo nacional' (llamado 'crecimiento económico' en ese tiempo)[11/] apoyados en la pla-

---

10/ Véase, por ejemplo: Amílcar Herrera (1970), Ciencia y política en América Latina (Siglo XXI, México, 1976, pp. 97-123); ACAST (1971)

11/ De hecho, las modalidades y denominaciones para enfrentar el subdesarrollo y la miseria han sido variados: planteamientos un tanto abstractos sobre la 'calidad de la vida', situaciones de 'extrema pobreza', 'niveles mínimos de alimentación, salud y educación'; o la jerarquización de objetivos en términos de la satisfacción de 'necesidades básicas' (usualmente: alimentación, vestido, vivienda, salud y educación; aunque la enumeración debería de comenzar con una simple variable, comúnmente olvidada: empleo); o estrategias para 'otro desarrollo', reflexiones sobre los 'estilos de desarrrollo'; o la necesidad de establecer un 'nuevo orden económico internacional', en el que destaca el desarrollo 'endógeno, 'autosostenido', 'autocentrado', 'autodependiente' y la 'autonomía colectiva'.

nificación. Tales esfuerzos enfatizan el desarrollo económico social a largo plazo a través de planes de corto, mediano y largo plazo destinados a lograr 'objetivos nacionales' económico sociales (amplias categorías que reflejan aspiraciones 'nacionales'). La mayoría de estos planes incluyen objetivos referidos principalmente a la expansión de la economía (a pesar de que se proclame que la más alta prioridad sea la transfromación social), incrementando el ingreso nacional, aumentando las oportunidades de empleo, ampliando la utilización de recursos naturales, mejorando la balanza de pagos, etc. No obstante que tales planes tienen la apariencia de ser comprensivos y normativos, de hecho la casi totalidad son planes indicativos, y la gran mayoría no son satisfactoriamente implementados. Estos planes con frecuencia son simplemente la agregación de proyectos individuales de inversión (agrícola, industrial, infraestructura), 'derivados' de objetivos nacionales de desarrollo. Naturalmente, en el caso de una estrategia de planificación global, políticamente fuerte, institucionalmente sólida y socio-económicamente factible, los proyectos y precios 'correctos' se derivan del plan y pueden realmente ser implementados. Pero, desafortunadamente existe un número de factores que han limitado el proceso de planificación en América Latina; entre ellos:[12/]

12/ E. Martínez (1980 a), pp. 1-5

a. Persistencia de la pseudo-planificación, es decir, no existe realmente un proceso de planificación, antes bien, lo que se hace es 'escribir planes' (recolectar información, examinar y proyectar cifras, preparar documentos frecuentemente voluminosos);

b. Ausencia de apoyo y 'continuidad' política;

c. Mínima participación en los niveles de base. Los planes son preparados por grupos tecno-burocráticos distanciados de los niveles de ejecución;

d. Falta de elaboración detallada en la planificación de mediano plazo (insuficientemente específica con respecto a políticas y proyectos). Los planes han sido elaborados con proyectos pobremente identificados o inadecuadamente preparados, algunos de ellos en una etapa tan preliminar que no podrían iniciarse, mucho menos aún finalizarse, dentro del período del plan;

e. Descuido de importantes aspectos no-económicos;

f. Adopción frequente de modelos simplistas vinculando inversión fija, crecimiento y empleo (v.g., la inadecuada aplicación de los modelos de Feldman y Harrod-Domar). La inversión no siempre ha sido acompañada de capital de trabajo de contraparte. Además, los planes han tendido a ser demasiado ambiciosos;

g. Escasa atención a aspectos institucionales;

h. Escasos 'recursos de planificación'; información incompleta y poco confiable; insuficiente personal calificado;

i. Falta de mecanismos para vincular la elaboración del plan y el presupuesto y la programación, y, en general, débil coordinación institucional;

j. Cambios inesperados en el comercio exterior, y variaciones en la producción agrícola. Aumento de los precios de los energéticos.

Estos factores limitantes han llevado en ocasiones a observar que la planificación es un proceso epifenoménico (cualquier cosa que va a ocurrir en el futuro va a ocurrir de todas formas, a pesar de la planificación, los planes y los planificadores;)

II. ALGUNOS ASPECTOS TEMATICOS Y METODOLOGICOS DE LA POLITICA Y PLANIFICACION CIENTIFICO TECNOLOGICA

A. ANTECEDENTES Y EXPERIENCIAS FUERA DE LA REGION

La cuestión acerca de la posibilidad de planificar el avance de la ciencia y la tecnología ha sido planteada hace ya largo tiempo. Sin duda el trabajo pionero de John D. Bernal contribuyó a situar el tema en un lugar prominente.[13/] Posteriormente, en particular a partir de la década del cincuenta, se formularon políticas de ciencia (y tecnología) en diversos países desarrollados.

Se ha argumentado[14/] que se pueden distinguir tres fases en el contexto político en el cual ha operado la ciencia y la tecnología en los países desarrollados a partir de la Segunda Guerra Mundial.[15/]

i. En la primera fase, de 1945 (fines de la II Guerra) a principios de los años 60, la política científica y tecnológica fue dominada por consideraciones de la llamada 'seguridad nacional' y de poder militar, en tiempos de la 'Guerra fría'. La imagen pública de la ciencia y el pres-

---

13/ J. D. Bernal (1939), especialmente los capítulos IX al XII.

14/ H. Brooks et al. (1971), pp. 39-47

15/ Para una interesante discusión de la experiencia latinoamericana, véase: M. Marí (1980)

tigio político de los científicos es muy alto (en particular en las ciencias físicas -física nuclear y ciencias del espacio);

ii. La segunda fase, de 1960 a 1973, es la época de la carrera espacial, fin de la descolonización en Asia y Africa (movimientos de liberación nacional), primer 'decenio del desarrollo' y la 'ayuda' (cooperación) internacional, guerra del Vietnam, emergencia del Japón como una potencia económica de primer orden. Existe una actitud optimista y esperanzada con respecto a la ciencia y la tecnología, aunque los planteamientos teóricos de análisis son, en buena medida, ahistóricos, reduccionistas, ingenuos y simplistas (lineales). La ciencia y la tecnología tienden a considerarse como variables independientes en la política y planificación, muy indirectamente ligadas al contexto económico, social y político. La política científico tecnológica se 'racionaliza', es abordada por la economía ortodoxa (principalmente la corriente neo-clásica -tecnología y crecimiento, cambio técnico) y por el análisis de sistemas (conceptualización de un sistema científico y tecnológico, consituído por varios subsistemas, en los cuales el conocimiento fluye -se genera, transmite y utiliza). Es la época de la asignación racional de recursos y del estudio del papel de la ciencia y la tecnología en el crecimiento económico. La política científico

tecnológica se proyecta sobre amplias variables económicas y sociales, se discute sobre la 'brecha tecnológica', dependencia tecnológica, prioridades de investigación, porcentajes de gastos en investigación en relación al PNB, transferencia de tecnología, propiedad industrial, fuga de cerebros, etc.

iii. La tercera fase, de 1968 a 1980, es marcada por los eventos estudiantiles (y obreros) de mayo/junio del 68 en Francia, la Revolución Cultural China, el fin de la guerra del Vietnam, la OPEP, la consolidación del Japón como una potencia industrial de primer orden, la crisis económica en los países del Occidente (desempleo, recesión, inflación), y la acentuación de los problemas del subdesarrollo. Este período es caracterizado por la desilusión con la ciencia y la tecnología, y el cuestionamiento de los fines y procedimientos de la ciencia. La investigación científica se asocia frecuentemente con la guerra y con el deterioro social y ambiental resultante de la aplicación indiscriminada de la tecnología. Se señalan los efectos regresivos de la 'alta' tecnología industrial (de punta) sobre el empleo y la distribución del ingreso y las desigualdades inherentes en la organización, convenciones y métodos de la ciencia. Por otro lado, se reconoce crecientemente que la política científica y tecnológica es solamente uno de los componentes de la política económico social global, y que, por lo tanto, no debe considerarse independiente o aisladamente del resto de políticas del gobierno.

Aún antes de la creación de la OECD (diciembre de 1960), su antecesora, la Organización para la Cooperación Económica Europea (OEEC), hizo algunos esfuerzos para explorar las implicaciones de la ciencia y la tecnología en la formulación y ejecución de políticas gubernativas.[16/] En esa época también la UNESCO empezaba a realizar algunos estudios sobre el tema.[17/] En ese entonces se llamaba la atención sobre la proliferación y diversificación de las actividades de investigación científica y tecnológica (o investigación y desarrollo -IyD) y sobre la necesidad de formular políticas consistentes para promover su avance, administración y gestión.

La OECD se ha interesado, desde su creación, en la política y planificación científica y tecnológica y ha llevado a cabo estudios precursores. Estos se han realizado principalmente en cinco areas:

i. Estudios metodológicos sobre política y planificación científica y tecnológica;

ii. Estudios sobre las interrelaciones entre la ciencia, la tecnología y el crecimiento económica;

iii. Estudios sectoriales de base;

iv. Monografías nacionales sobre política científico tecnológica; y

---

16/ Véase: Dana Wilgress (1960), Co-operation in scientific and technical research (OEEC, Paris, 48 p.)

17/ Véase: Pierre Auger (1961), Current trends in scientific research (UN/UNESCO, New York/Paris, 1963, 245 p.)

v. Estudios comparativos entre países sobre distintas variables científico tecnológicas.

Esta experiencia sería aprovechada un poco más tarde por otros organismos internacionales (UNESCO, OEA, etc.).

En 1963, la OECD publicó uno de los estudios pioneros en el area de política científica y tecnológica: "La ciencia y las políticas de los gobiernos",[18/] el cual tuvo bastante influencia en el desarrollo de dichas políticas en los países capitalistas avanzados.[19/] De acuerdo a este reporte, la política científico tecnológica tiene dos facetas: primero, la administración y gestión de los recursos científicos y tecnológicos del país en su conjunto; y, segundo, conocer con mayor claridad la influencia de nuevos avances científicos y técnicos sobre otras políticas gubernamentales. El reporte distinguía entre:

i. "la política para la ciencia", es decir, "una política comprensiva y consistente para el apoyo y avance de la ciencia",[20/] que los gobiernos deben formular debido al creciente costo de la investigación científica y a su constante apoyo gubernativo; y

- - - - - - - - - - -

18/ Pierre Piganiol et al. (1963), Science and the policies of governments (OECD, Paris)

19/ En la década que siguió a su publicación (aunque es obvio que no necesariamente debido a ello) numerosos países miembros de la OECD establecieron entidades formales encargadas de la política científico tecnológica nacional, y muchos designaron ministerios directamente responsables de la ciencia y la tecnología.

20/ P. Piganiol et al. (1963), p. 161

ii. "la ciencia para la política", o sea, la aplicación deliberada de la ciencia y la tecnología para alcanzar objetivos económicos y sociales nacionales.

Quizás el elementos de mayor importancia en el reporte era la propuesta para la creación de una Oficina Nacional de Política de la Ciencia.[21/] Se arguía que los gobiernos enfrentan diversos problemas en vista de que:

i. la amplitud y los costos de la ciencia moderna requieren apoyo público;

ii. el exceso de oportunidades científcas en relación a los recursos disponibles, así como los requerimientos de eficiencia, demandan una política para y la coordinación de la ciencia a nivel nacional; y

iii. la ciencia afecta la formulación de la política económico social nacional.[22/]

En consecuencia, tres funciones específicas e interrelacionadas necesitan llevarse a cabo en cada país:

i. la formulación de una política nacional de ciencia (y tecnología);

ii. la coordinación de las distintas actividades científicas (y tecnológicas);

iii. la integración de la ciencia dentro de las políticas económico sociales nacionales.[23/]

21/ Ibid, pp. 167-171

22/ Ibid, p. 167

23/ Ibid, p. 168

Las primeras fos funciones, al menos, deberían ser realizadas por una 'Oficina Nacional de Política de la Ciencia'.

Es posible que, no obstante su enfoque un tanto dominado por los aspectos de la ciencia (excluyendo en alguna medida la componente tecnológica), en el reporte se encontraban muchos de los elementos temáticos, metodológicos, institucionales y programáticos que habrían de esta en boga en el análisis (y discusiones) sobre política científico tecnológica durante los 20 años subsiguientes.[24/]

Asimismo, en 1963, la OECD publicó uno de los primeros exámenes comprensivos de las interrelaciones entre la ciencia, la tecnología y el crecimiento económico, y el rol de las políticas gubernamentales para acelerar el ritmo de la innovación tecnológica en la industria.[25/]

También en el año 1963, la OECD publicó otro documento precursor sobre la medición de las actividades científico tecnológicas, el Manual Frascati.[26/] Si bien algunos países ya recolectaban y procesaban información en este campo,[27/] dificul-

---

24/ El reporte incluía, a título indicativo, un listado de requerimientos y tareas de información y análisis, así como las actividades de asesoría y coordinación de la 'Oficina Nacional de Política de la Ciencia' (P. Piganiol et al. (1963), pp. 170-71)

25/ C. Freeman et al. (1963)

26/ La OECD continuó los trabajos iniciados por la OEEC en 1957, preparó un documento ("Proposed standard practice for surveys of research and development"), que fue revisado y aprobado en una reunión de expertos de los países miembros de la OECD, en Frascati, Italia en junio de 1963. Recientemente, el Manual Frascati ha aparecido en su cuarta edición (1980).

27/ Esfuerzos pioneros se realizaban ya en la Unión Soviética, Gran Bretaña, Francia, Holanda, Estados Unidos, Canadá y Japón.

tades teóricas y diferencias de enfoque, concepto y método hacían difícil las comparaciones internacionales. El Manual Frascati constiutyó un intento, bastante exitoso, para estandarizar las estadísticas sobre investigación científica y tecnológica;[28] no obstante contiene aspectos teóricos, conceptuales y metodológicos, que son cuestionables, particularmente al utilizarse en países menos desarrollados. Los estudios en esta area han tenido un marcado enfásis en la investigación científica, con un cierto predominio de las ciencias naturales; y han estado confinados al estudio de insumos (de personal, materiales y financieros).

Recientemente se ha abordado la medición del producto de la investigación, es decir, los resultados y la productividad de las actividades científico tecnológicas.[29] Sin duda, en este caso las dificultades teóricas y metodológicas son considerablemente mayores. Este tipo de análisis comúnmente se basa en modelos que postulan un "proceso lineal-secuencial" de cambio tecnológico ('empujado por el descubrimiento' o

---

28/ Un esfuerzo similar al que antes se había realizado a nivel internacional en relación a las estadísticas económicas (cuentas nacionales)

29/ Véase, por ejemplo: OECD (1980), Science and technology indicators conference (Report) (OECD, Paris); G. Sirilli (1979), Somo notes on linking R&D input and output indicators - The Italian case (Instituto di Studi sulla ricerca e documentaziones scientifica, Italia, Quaderni n. 6-7, 1979); Humphrey Stead (1976), The costs of technological innovation (Research Policy, England, vol. 5, no. 1, Jan. 1976); Christopher Freeman (1970), The measurement of output of research and experimental development (UNESCO, Paris)

'jalado por la demanda').[30/] En general, los indicadores con los que se trabaja se refieren a: actividades de innovación (incluyendo las innovaciones mismas y estadísticas de patentes); impacto de la ciencia y la tecnología en la economía (comercio de tecnología, balanza de pagos tecnológica, índices de productividad); indicadores de ciencia (incluyendo análisis bibliométricos, índices de citas, etc.). Ante la ausencia de información sobre el producto de la investigación se ha solido utilizar los datos sobre los insumos de la investigación (gastos y personal) como una medida substituta del producto; así se asume implícitamente una relación proporcional (lineal) entre el insumo y el producto de la investigación.

El problema de comparar datos sobre investigación científica y tecnológica, recolectados en diferentes países, con enfoques y metodologías distintos, y con una organización institucional propia, ha sido también considerado por otras organizaciones, destacando entre ellas la UNESCO.[31/] Las definiciones empleadas por la UNESCO se basaron ampliamente en el primer Manual Frascati. La División de Estadísticas de la Ciencia y Tecnología, que fue establecida en 1965, realiza la

---

30/ Linear-sequential models: discovery-push and demand-pull. Para una discusión de los modelos lineales-secuenciales en el cambio tecnológico, véase E. Martínez (1981), pp. 41-55

31/ Aunque también otras como el CAME (Consejo Económico de Asistencia Mutua), en Europa Oriental, y el NORDFORSK (Consejo Escandinavo para la Investigación Aplicada -Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia)

sistemática recolección, analisis, publicación y estandarización de datos concernientes a la ciencia y tecnología, y, particularmente, a la investigación científica y tecnológica.[32/]

A partir de la segunda mitad de la década del 60 se realizan esfuerzos en los países desarrollados (OECD) por mejorar los diagnósticos sobre actividades científico tecnológicas y arribar a políticas relevantes. Se llevan a cabo estudios sectoriales industriales (textiles, productos farmacéuticos, plásticos, metal-mecánica) en varios países,[33/] y se examinan las diferencias nacionales en el nivel de desarrollo (y en el potencial) científico tecnológico, la 'brecha tecnológica'. Específicamente, se estudian las diferencias en: investigación, educación y el proceso de innovación tecnológica. Aquí se presentan algunas de las primeras informaciones y análisis sobre la 'balanza de pagos tecnológica', pagos por patentes, licencias y know-how tecnológico;[34/] y sobre la inversión extranjera y la transferencia de tecnología.[35/] Como resultado se

---

32/ La UNESCO llevó a cabo su primer relevamiento de datos sobre investigación científica y tecnológica en Europa, en 1967. Algunas de las principales publicaciones de la UNESCO en este campo comprenden: (1968), Provisional guide to the collection of science statistics (Unesco, Paris); (1969), Manual del inventario del potencial científico técnico nacional (Unesco, Paris); (1977), Guía para la compilación de estadísticas de ciencia y tecnología (Unesco, Paris, 118 p.); (1978), Recommendation concerning the international standarization of statistics on science and technology (Unesco, Paris); (1980), Manual for statistics on scientific and technological activities (Unesco, Paris).

33/ Véase por ejemplo: OECD (1968)

34/ OECD (1968 a), p. 34

35/ Ibid, pp. 238-300

identifican medidas de política cuyos objetivos son:

i. vincular más explícitamente la política científico tecnológica gubernativa a objetivos económicos, sociales y de defensa claramente definidos;

ii. reforzar la comunicación y cooperación entre el 'triángulo' de: productores (industria), la comunidad científica (universidades) y el gobierno, con el objeto de superar el aislamiento de la ciencia y la tecnología.[36/]

En otro estudio de la OECD[37/] se sugieren medidas de política para crear un clima favorable a la innovación tecnológica, entre ellas la estimulación de la innovación a través de incentivos fiscales, el sistema de patentes, y la utilización del poder de compra del gobierno.

En la década del 60 tomó auge la utilización de métodos analíticos para la formulación de políticas científico tecnológicas. De hecho su uso ocurrió tanto al nivel de políticas (macro o 'estratégico'), como al nivel operativo (micro o 'táctico').[38/] Se planteaba la importancia de métodos formales y

- - - - - - - - -

36/ OECD (1968 a), p. 34

37/ Keith Pavitt and S. Wald (1971), The conditions for success in technological innovation (OECD, Paris, pp. 16, 131-37)

38/ En tiempo de la II Guerra Mundial, en las esferas militares se desarrollaron y utilizaron técnicas de análisis para la toma de decisiones, métodos de progrmación lineal (CPM, PERT, etc.), que podrían englobarse en el término 'investigación de operaciones'. Con posterioridad, estas técnicas han tenido extensa aplicación civil, tanto en la toma de dicisiones privada como pública; y han logrado cierto éxito y efectividad al nivel operativo, de producción, programación y control.

técnicas de selección, evaluación, planificación y programación de actividades científico tecnológicas, primordialmente de investigación científica y tecnológica. Diversas técnicas se integraron en un sistema comprensivo para la formulación de políticas públicas: el Sistema de Planificación-Programación y Presupuestación (PPP). Era la época en que el análisis de sistemas constituía la nueva ortodoxia.[39/] El análisis de sistemas, que está basado sobre lós principios de la cibernética, es un método desarrollado a dos niveles: descripción (análisis) y acción. Ello explica fundamentalmente el atractivo que ofrece su utilización en la planificación, o sea, diagnóstico y plan (programa o propuesta). El análisis de sistemas ha invadido no solamente el campo de las ciencias naturales, sino también el de las ciencias sociales, y ha conducido frecuentemente a análisis formales, vacíos, sin ningún contenido sustantivo.[40/]

39/ Se puede argumentar que el análisis de sistemas, de programas, (social) de costo-beneficio, de costo-efectividad, de sensibilidad y el sistema de planificación-programación-presupuesto son técnicas que pertenecen a la misma familia, y comparten (y derivan) elementos teóricos de un marco (modelo) positivista que demanda y privilegia la cientificidad, (supuesta) objetividad, tecnificación, formalización y cuantificación en el análisis.

40/ Se ha intentado aplicar el análisis de sistemas en la ciencia política, sin ningún éxito (v.g.: David Easton (1965), System analysis of political life (Wiley, USA, 507 p.)). Se plantea el análisis con un pretendido rigor 'técnico' en el tratamiento de variables políticas, con enfoques severamente limitados, cuestionables ideológicamente y ahistóricos ('tecnificación' del análisis político), que se apoyan en un falso sentido de 'precisión' y en una supuesta objetividad.

El tercer estudio de la serie de reportes de la OECD sobre investigación, innovación tecnológica, crecimiento económico y política científico tecnológica, correspondiente a la década del 80,[41/] aborda el tema en circunstancias económicas que presentan cambios importantes. Ha quedado atrás la época de crecimiento económico relativamente rápido, estabilidad de precios, empleo creciente (o casi pleno) y energía barata; ahora se enfrenta una situación de recesión, inflación, elevado y creciente desempleo y energía más cara. El reporte reconoce que en los países de la OECD, a pesar de los esfuerzos de coordinación realizados durante los años 60 y 70, y de la convicción general que la innovación y la investigación tecnológica constituyen fuerzas motoras del crecimiento, "las políticas de ciencia y tecnología usualmente han sido formuladas y ejecutadas independientemente de las políticas económicas".[42/] Se arguye que la disminución en la tasa de crecimiento de la productividad, por lo menos parcialmente, es atribuíble a las políticas anti-inflacionarias, y que el impacto potencial de los cambios tecnológicos sobre el empleo podría ser más negativo que en el pasado. Se argumenta que deben diseñarse políticas científico tecnológicas estrechamente vinculadas a las políticas económi-

---

41/ B. Delapalme et al. (1979). Véase también P. Piganiol et al. (1963), y H. Brooks et al. (1971)

42/ B. Delapalme et al. (1979), p. 12

cas, particularmente teniendo en cuenta que una sólida demanda de los productos de la innovación constituye un elemento favorable para el aumento de la actividad de investigación científica y tecnológica, lo cual se considera como un pre-requisito para aumentar la tasa de crecimiento de la productividad. Parece existir consenso en que las políticas para la (estimulación de la) innovación industrial constituyen un elemento crucial en las actuales estrategias para el reestablecimiento del crecimiento económico y la creación de empleo,[43/] siendo su principal 'objetivo específico' la competitividad tecnológica y el crecimiento industrial. Las políticas para la innovación industrial constituyen, de hecho, el punto de convergencia (fusión) entre la política científico tecnológica y la política industrial. Ya desde fines de la década del 60 y principios del 70 se planteaba esta cuestión.[44/] Naturalmente, estas políticas deben de tomar en cuenta una dificultad adicional: el impacto en el nivel de empleo de este proceso de

- - - - - - - - - - - -

43/ Adicionalmente véase, por ejemplo: OECD (1978), Policies for the stimulation of industrial innovation - Analytical report (Vol. I) (OECD, Paris, 167 p.), especialmente pp. 5-31, y 103-120; OECD (1981), pp. 15-19, 33-37, 60-81; y Roy Rothwell and W. Zegveld (1981), Industrial innovation and public policy - preparing for the 1980s and the 1990s (Pinter, England, 251 p.)

44/ "la política de la ciencia deberá convertirse en política de la innovación, o al menos insertarse en una política de innovación, la cual queda por formular en casi todos los países" (Nicolas Jéquier (1973), La fin de la politique de la science (Revue économique et sociale, Suisse, no. 2, juin 1973, p. 194)).

innovación.[45/] Indudablemente, los cambios tecnológicos,[46/] en particular los microprocesadores en electrónica, prometen aumentos considerables en la productividad, tanto en la producción de manufacturas como de servicios.[47/]

Es necesario mencionar, aunque sea en forma muy breve, las importantes contribuciones del ACAST, la UNCTAD y la ONUDI en este campo.[48/] El ACAST ha enfocado en forma convencional el problema, enfatizando un conjunto de lineamientos sobre las prioridades y modalidades de investigación en distintas areas. La UNCTAD y la ONUDI se han orientado, particularmente, al estudio de mecanismos e instrumentos para la transferencia de tecnología a los países menos desarrollados y a la elaboración de estrategias de desarrollo tecnológico ('la transformación tecnológica'). Se ha argumentado que la planificación tecno-

---

45/ En los años 50, en las economías desarrolladas, se discutía un problema similar: el impacto de la automatización en el empleo. La expansión económica de la postguerra permitió diluir la cuestión.

46/ La evaluación tecnológica se practica casi exclusivamente en los países desarrollados; en la actualidad se orienta primordialmente a la evaluación de grupos (sectores) de tecnologías vinculados a proyectos que implican un uso de recursos en gran escala y de largo plazo (v.g. energía, aviación civil, espacio).

47/ Véase, por ejemplo: Peter Laurie (1980), The micro revolution (Futura, England, 287 p.); Roy Rothwell and W. Zegveld (1979), Technical change and employment (Pinter, England, 178 p.); Iann Barron and R. Curnow (1979), The future with microelectronics (Open University P., England, 243 p.); Christopher Evans (1979), The mighty micro (Gollancz, England, 255 p.); Scientific American (ed.) (1977), Microelectronics (Freeman, USA, 145 p.).

48/ Véase, por ejemplo: ACAST (1971); UNCTAD (1973), Directrices para la transmisión de tecnología a los países en desarrollo (Naciones Unidas, Nueva York, 58 p.); o UNCTAD (1981). Ya en 1964, en la UNCTAD I, se discutía sobre la promoción del desarrollo tecnológico y la transferencia de tecnología.

lógica debería ser considerada como la etapa final de un proceso que comienza con medidas para controlar las importaciones de tecnología, sigue con la formulación y adopción de una política tecnológica coherente e integrada, con una red correspondiente de instituciones coordinadas, y culmina con la planificación tecnológica en el marco de la planificación global de desarrollo económico y social.

Por su parte la UNESCO ha realizado estudios sobre política y planificación científica y tecnológica desde principios de la década del 60.[49/] Algunas de sus contribuciones más importantes conciernen:

i. la medición de las actividades científico tecnológicas;[50/]

ii. el Sistema SPINES para el intercambio internacional de información sobre la formulación de políticas, en los campos de administración y gestión, transmisión y evaluación de la ciencia y la tecnología, y su aplicación al desarrollo. En la primera fase del proyecto, de 1970 a 1976, se produjo el Tesauro SPINES (un vocabulario estructurado y controlado),[51/] que constituye una excelente contribución conceptual y terminológica al estudio de la ciencia y la tecnología;[52/]

49/ Véase el pie de página no. 16 (pag. 17)

50/ Véase el pie de página no. 32 (pag. 23)

51/ UNESCO (1975), Spines Thesaurus (UNESCO, Paris, 1976, 3 vols.)

52/ Debe mencionarse también el Programa UNISIST para el intercambio de información científica y tecnológica.

iii. el método para la determinación de prioridades en ciencia y tecnología.[53] Este fue desarrollado desde 1971, y está orientado a la identificación de areas prioritarias para las actividades científicas y tecnológicas, en los campos de investigación, transferencia y capacitación, en consonancia con las prioridades de desarrollo. El método tiene un enfoque basado en la investigación de operaciones, combinando varias técnicas analíticas.[54] Los elementos centrales del método lo constituyen una serie de matrices y perfiles de prioridades que muestran los méritos relativos de distintos campos de la ciencia y tecnología para el logro de objetivos de desarrollo,[55] es decir, se pretende traducir objetivos/ /metas nacionales de desarrollo en términos de prioridades de investigación. Sin embargo la aplicación del método no ha sido muy exitosa y se han enfrentado serias dificultades metodológicas.

53/ UNESCO (1978), Method for priority determination in science and technology (UNESCO, Paris, 77 p.)

54/ El método está basado en el método 'Quest', desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en los años 60, para determinar los requerimientos de investigación en la planificación de nuevos armamentos; en esencia, el método Quest ligaba la investigación a requerimientos militares a través de su contribución a tecnologías relevantes (véase: Marvin Cetron (1970), A method for integrating goals and technological forecasting into planning (Technological forecasting and social change, vol. 2, no. 1, 1970)). Algunos elementos del método de UNESCO provienen de método desarrollado en Francia en 1965 por la (Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique) con el objeto de medir intercambios intersectoriales entre la investigación y la industria

55/ UNESCO (1978), op. cit. (pie de página 53), pp. 8-9, 13-35.

iv. estudios sobre política científica y tecnológica.[56/] Estos han tenido primordialmente un enfoque sistémico funcional, que postula la existencia de un sistema nacional de investigación científica y tecnológica (IyD) y servicios científicos y tecnológicos (SCT), en el cual existen varios (4) niveles funcionales (los niveles funcionales 1 y 2 conciernen las estructuras y mecanismos gubernativos de política científica y tecnológica -la toma de decisiones; los niveles funcionales 3 y 4 constituyen los niveles operativos de la política científica y tecnológica -promoción y ejecución de investigación y servicios científicos y tecnológicos).[57/]

v. la progrmación y presupuestación de actividades científicas y tecnológicas.

56/ Véase, por ejemplo: UNESCO (1979); e Yvan de Hemptine (1981), Key questions for policy-makers in science and technology (Unesco, Paris, 38 p.)

57/ UNESCO (1979), pp. 19-25

B. LAS EXPERIENCIAS EN AMERICA LATINA

Pareciera existir consenso en que la institucionalización de las políticas científico tecnológicas en América Latina fue influída por los esfuerzos previamente desplegados en los países desarrollados, con frecuencia sin poner atención a los distintos contextos económicos, sociales, políticos y culturales predominantes. La evolución de las concepciones sobre política y planificación científica y tecnológica en América Latina guarda una estrecha relación con la evolución fuera de la región (discutida en la sección precedente).[58/] Con algún desfase, en los años 50 se advierte la importancia de la ciencia y la tecnología en el crecimiento económico. En los años 60 surge la 'política de ciencia', que es sinónimo de política de investigación (promoción) y se crea o refuerza la infraestructura institucional. En los años 70 se habla de políticas tecnológicas y planes, de innovación y transferencia de tecnología. La política y la pla-

---

58/ Para una exposición detallada, véase M. Marí (1980), pp. 18-68.

nificación científico tecnológica ha tenido como fin último crear y/o reforzar la capacidad científico tecnológica local, vinculandola a la producción y distribución de bienes y servicios, y abriendo nuevas opciones tecnológicas (intensivas en mano de obra). Se ha tratado de que la ciencia y la tecnología dejen de ser principalmente un 'artículo de consumo' y se conviertan en un 'artículo de inversión'.[59/]

Las políticas y planes científico tecnológicas en América Latina se han dirigido primordialmente hacia:[60/]

i. establecimiento y/o reforzamiento de la infraestructura institucional (consejos de investigación, consejos nacionales de ciencia y tecnología) y física, especialmente durante la década del 60 y principios del 70;

ii. Promoción y coordinación de la investigación científi-

59/ Para una discusión de estos conceptos, véase: Charles Cooper (1972), Science, technology and production in the underdeveloped countries (The journal of development studies, England, vol. 9, no. 1, Oct. 1972, pp. 4-6).

60/ Véase, por ejemplo: (Brasil) CNPq (1976), II Basic Plan for Scientific and Technological Development (CNPq, Rio de Janeiro, 186 p.); (Guatemala) Secretaría General del Consejo Nacional de Planificación Económica (1979), Plan Nacional de Desarrollo-Ciencia y Tecnología 1979/82 (SGCNPE, Guatemala, 217 p.); (México) Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (1976), Plan Nacional Indicativo de Ciencia y Tecnología (CONACYT, México, 376 p.).

fica (particularmente en los años 60) y tecnológica, incluyendo el estímulo a la innovación, adaptación y utilización de tecnologías locales (en especial a fines de los años 60 y durante los 70);[61/]

iii. regulación de la importación de tecnología, con el fin de seleccionar más racionalmente las tecnologías a importarse y reducir las 'imperfecciones' del mercado tecnológico;

iv. desarrollo de los servicios de información;

v. promoción de los servicios de consultoría, ingeniería, asistencia técnica, metrología y normalización;

vi. capacitación de personal técnico-profesional

vii. estudios sobre política y planificación científico tecnológica. Hay autores que han argumentado vehementemente en favor de distinguir entre políticas explícitas y políticas implícitas de ciencia y tecnología.[62/] La distinción, se sostiene, resulta imprescindible para poder reconocer la existencia de la política de ciencia y tecnología en los países subdesarrollados,

---

61/ En los años recientes se ha discutido sobre tecnología: endógena y exógena; blanda y dura; medular y periférica; incorporada (hardware) y no-incorporada (software); intermedia, apropiada, adecuada o alternativa; moderna y tradicional; obsoleta y de punta; libre y cautiva (secreta); de bajo costo; economizadora de energía; intensiva en capital o en mano de obra; etc.

62/ A. Herrera (1972), pp. 27-33; y A. Herrera (1979), pp. 4-5.

quienes, aún si aparentemente no es así, siempre poseen una política. La política explícita es la política oficial, expresada en declaraciones y propuestas gubernativas, y en mecanismos e instituciones legales y administrativos. Por otra parte, la política implícita, que es la que determina el papel real de la ciencia, es más difícil de determinar, no tiene una estructura formal (o medios institucionales) y expresa los requerimientos científico tecnológicos del proceso de desarrollo. La distinción, sin embargo, no parece contribuir al entendimiento de la naturaleza y características específicas de la política tecnológica, ni a la de sus mecanismos e instrumentos. Esto no significa desconocer que diversas políticas originalmente dirigidas a otros objetivos socioeconómicos o areas problema tienen un impacto sobre el nivel de desarrollo científico tecnológico, y deban de ser consideradas y analizadas, es decir, debe estudiarse el contexto de las políticas y mecanismos institucionales y legales del Estado. Aunque parece un tanto arbitrario 'adjudicarles', designarles como 'políticas implícitas' de ciencia y tecnología. Por un lado, este uso particular de dichas categorías (implícito/explícito) entraña el riesgo de conducir a análisis ambiguos y confusos o, en el

mejor de los casos, tautológicos. Una vez identificada una variable (relevante o no) siempre es posible postular algún tipo de relación (e inclusive causalidad) con otras variables, de instancias determinantes y dominantes, o de factores condicionantes. A la postre, se puede argüir que tal o cual comportamiento o resultado es el producto implícito (deliberado o no) de una acción o política a otro nivel.

Durante mucho tiempo, principalmente en la década del 60 y principios del 70, y en ocasiones quizás bajo la influencia de organismos internacionales, la preocupación principal de la política y planificación científico tecnológica se dió por el lado de la oferta (de ciencia y tecnología para el aparato productivo). De ahí el enfásis en la promoción, coordinación y fianciamiento de la investigación, las metas cuantitativas del gasto público en investigación, la formación de científicos y técnicos, etc.

Durante los años 70 se le dió considerable atención a enfoques tecnocráticos, enfatizando esquemas metodológicos con propósitos analíticos, análisis de sistemas, y estudios a nivel micro (potencial científico tecnológico, estudios de requerimientos, etc.) y de los mecanismos de toma de decisiones. El nivel macro (definición de estrategias, orientaciones generales, identificación de opciones) y, en menor medida, las estrategias sectoriales recibieron bastante menos atención. Estudios importantes se

realizaron sobre transferencia de tecnología y sobre el rol jugado por las corporaciones transnacionales a través de la inversión extranjera directa.[63/] En alguna medida, se pusieron de moda los estudios y proyectos sobre tecnología apropiada.[64/] Asimismo se han llevado a cabo estudios microeconómicos respecto a la forma en que la capacidad tecnológica local, via 'aprendizaje en el trabajo' (learning by doing), se ha desarrollado, tanto en los sectores público como privado (nacional y extranjero) y en ramas industriales específicas.[65/] También se han elaborado estudios, de carácter comparativo entre países, sobre instrumentos y mecanismos de política científico tecnológica.[66/]

63/ Véase, por ejemplo: Constantine Vaitsos (1974), Intercountry income distribution and transnational enterprises (Oxford U.P., England); y los trabajos de Miguel Wionszek en México y Fernando Fajnzylber en Brasil.

64/ El término ambiguo (general) 'tecnología apropiada' sólo puede tener sentido con respecto a un propósito (¿apropiada para qué?). Este es un caso similar al de 'racionalidad económica', que es una noción estrictamente contextual.

65/ Véase, por ejemplo: Jorge Katz (1975), Importación de tecnología, aprendizaje e industrialización dependiente (FCE, México, 1976); o los documentos del Proyecto BID/CEPAL sobre desarrollo tecnológico.

66/ Entre ellos se destacan, el proyecto "Science and technology policy instruments" (STPI) y el proyecto de "Instrumentos y mecanismos de política científica y tecnológica en América Central". El enfoque (esquema) teórico y metodológico del STPI en su conjunto, el criterio de trabajo teórico y metodológico para dar coherencia y carácter comparativo a los estudios de caso nacionales, fue pobremente elaborado e impuso serias limitaciones a la investigación. La investigación, que fue propuesta como orientada hacia la acción (con .../

Un gran número de investigaciones sobre política científico tecnológica ha tenido una naturaleza meramente descriptiva; frecuentemente han sido estudios que consistían en un relato más o menos mecánico de las situaciones examinadas, sin plantearse el análisis de la lógica interna de las fuerzas que determinan el comportamiento observado (una pesquisa impresionísta, periodística). Sobre todo, no parece haberse prestado debida atención al Estado en las economías capitalista dependientes (orígen, conformación, funciones) y su rol en la formulación y ejecución de instrumentos y mecanismos de política científico tecnológica. Estos no son variables independientes, ni tienen por sí solos una influencia significativa sobre el comportamiento tecnológico, el cambio técnico, y, en general, la dinámica de los sectores productivos. Tales instrumentos y mecanismos pueden ser efectivos en el contexto de una acción armónica entre el Estado y los grupos industriales dominantes, en el marco estricto de políticas y estrategias económica, y con políticas y programas coherentes

---

66/ /...promotedores resultado$ 'distintos a aquellos informes interesantes pero inservibles para la toma de decisiones') no parece haber adelantado el estado del conocimiento, aclarando o explicando incógnitas sobre el desarrollo científico tecnológico; o contribuído a una mayor comprensión o más eficiente formulación de instrumentos y mecanismos de política; o mejorado el entendimiento de la 'conducta tecnológica' de las unidades productoras (véase: F. Sagasti y A. Araoz (1975), Pautas metodológicas para el proyecto de IPCT (OEA, Washington, 86 p.); F. Sagasti (1978), Science and technology for development: main comparative report of the STPI (IDRC, Canada 111 p.); Norman Girvan (1979), ¿Sólo casos especiales? (Mazingira, Inglaterra, n. 8, 1979, pp. 11-16))

de desarrollo industrial. La variable científico tecnológica no puede separarse de su contexto histórico, económico y social, y requerimientos de análisis e investigación no deberían constituir una razón para aislarla. La política científico tecnológica ha de abordarse en el marco de objetivos y estrategias globales de desarrollo económico y social, ya que es obvio que numerosos factores se encuentran afuera de su area de influencia.

REFERENCIAS

ACAST (1971), World plan of action for the application of science and technology to development (United Nations, New York).

ASHFORD, Nicolas (ed.) (1975), National support for science and technology: an examination of foreign experience (M.I.T., U.S.A., 1976, 2 vols., 960 p.).

BERNAL, John D. (1939), The social function of science (MIT, U.S.A., 1967, 482 p.).

BROOKS, Harvey et al. (1971), Science, growth and society: a new perspective (OECD, Paris, 113 p.).

CEPAL (1979), Monografía regional-Conferencia de las Naciones Unidas sobre ciencia y tecnología para el desarrollo (CEPAL, México, 80 p.).

DELAPALME, Bernard et al. (1979), Technical change and economic policy - science and technology in the new economic and social context (OELD, Paris, 1980, 117 p.).

DOS SANTOS, Theotonio (1979), La tecnología y la restructuración capitalista: opciones para América Latina (Comercio Exterior, México, vol. 29, No. 12, dic. 1979, pp. 1361-70).

EMMANUEL, Arghiri (1981), Technologie appropriée ou technologie sous-développée (PUF, France, 189 p.).

FREEMAN, Christopher, R. Poignant and I. Svennilson (1963), Science, economic growth and goverment policy (OECD, Paris, 98 p.)

HERRERA, Amílcar (1972), Social determinants of science in Latin America: explicit science policy and implicit science policy; in C. Cooper (ed.) (1973), Science, technology and development (F. Cass, England, 1978, pp. 19-38).

HERRERA, Amílcar (1979), Transferencia, adaptación y creación de tecnología en América Latina (mimeo., 17 p.)

HETMAN, François (1979), Planning-prospective analysis and science and technology policy (France, mimeo., 12 p.)

JUDET, Pierre et Jacques PERRIN (1976), Transfert de technology et développement (IREP/ Université de Grenoble, France, 66 p.)

MAESTRE, Claude and Keith PAVITT (1970), Analytical methods in government policy (OECD, Paris, 1972, 89 p.).

MARI, Manuel (1980), Evolución de las concepciones de planificación y política científica y tecnológica (Washington, mimeo., 73 p.).

MARTINEZ, Eduardo (1980a), Social cost-benefit analysis and development planning (University of Sussex, England, 22 p.).

MARTINEZ, Eduardo (1980 b), Transport of technology and transfer of ideology: transnational corporations in less developed countries (University of Sussex, England, 24 p.).

MARTINEZ, Eduardo (1981), Tha concept of technological progress and less developed countries (University of Sussex (thesis), England, 111 p.).

MAXWELL, Philip (1976), The Latin American experience; in R. Cohen et al.(eds.) (1981), The social implications of the scientific and technological revolution (UNESCO, Paris, pp. 230-251).

NADAL, Alejandro (1973), Planificación normativa y esfuerzo científico tecnológico (Comercio exterior, México, vol. 23, No. 12, dic. 1973).

OECD (1968), Gaps in technology: (a) General report, (b) Analytical report (OECD, Paris, 41 p., 300 p.)

OECD (1981), Science and technology policy for the 1980's (OECD, Paris, 168 p.).

PIGANIOL, Pierre et al.(1963), Science and the policies of governments: in OECD (1965), Ministers talk about science (OECD, Paris, Appendix 2, pp. 149-178).

SACHS, Ignacy and Krystyna VINAVER (1976), Integration of technology in development planning: a normative view; in IDRC (ed.) (1979), Science and technology for development (IDRC, Canada, pp. 117-136).

SALOMON, Jean-Jacques (1976), Science policy studies and the development of science policy; in Ina Spiegel-Rösing and D. de Solla-Price (eds.) (1977), Science, technology and society (Sage, England, pp. 43-70).

SANCHEZ, Alberto (1970), Esbozo del desarrollo industrial de América Latina y de sus principales implicaciones sobre el sistema - científico tecnológico (O.E.A., Washington, 1971, 47 p.)

STEWART, Frances (1977), Technology and under_development (Macmillan, England, 1978, 304 p.).

STEWART, Frances (1979), International technology transfer: issues and policy options (World Bank, Washington, 116 p.).

UNESCO (1979), An introduction to policy analysis in science and technology (Unesco, Paris, 93 p.)

UNCTAD (1981), Planning the technological transformation of developing countries (United Nations, New York, 63 p.).

VAITSOS, Constantine (1979), Government policies for bargaining with transnational enterprises in the acquisition of technology (United Nations Centre for TNC, New York, 18 p.).

WIONCZEK, Miguel (1980), Science and technology planning in less developed countries (Mexico, mimeo, 14 p.).

3)

12. PROBLEMAS CENTRALES DE LA PLANIFICACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA EN LOS PAISES EN DESARROLLO

Por Miguel S. Wionczek (1979)

I

La información disponible sobre la expansión de los sistemas de ciencia y tecnología[1] en los países en vía de desarrollo más avanzados como Argentina, Brasil, Egipto, India o México, indica que se enfrenta a muchos y grandes obstáculos internos. Durante la etapa preparatoria de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (UNCSTD), que se celebrará en agosto de 1979 en Viena, se ha identificado que estos obstáculos se relacionan con las políticas y prioridades para la ciencia y la tecnología, las infraestructuras científicas y tecnológicas, los sistemas educativos y de adiestramiento, la disponibilidad de empresarios y aptitudes gerenciales, los sistemas de información científica y tecnológica, los servicios de extensión tecnológica, etcétera.

La persistencia de estos obstáculos, no obstante el incremento de la ayuda financiera ofrecida para ciencia y tecnología por el Estado y la cooperación de las organizaciones internacionales, y los intentos nacionales y regionales de planear la ciencia y la tecnología, muestra que la tarea de construir la capacidad científica y tecnológica interna de los países en vía de desarrollo es mucho más difícil y complicada de lo que se ha supuesto tanto a nivel nacional como en el ámbito de las Naciones Unidas.

Casi todos los principales países en desarrollo siguen dependiendo en forma predominante de los conocimientos científicos y la tecnología orginados en los países industrializados. En la mayoría de los casos, las actividades locales de investigación y desarrollo experimental en los países en vía de desarrollo consisten en investigación científica pura e investigación aplicada imitativa y de poca relevancia, acompañada por escaso progreso en innovaciones tecnológicas, inclusive en los campos y sectores en los que se necesita urgentemente un esfuerzo local pertinente y competente. Una de las razones principales del retraso deriva del hecho de que muchos de los problemas económicos y sociales que surgen en el contexto general del subdesarrollo son distintos a los que afrontan los países de altos ingresos, ya sean de economía de mercado o centralmente planificada. Entre otras razones cabe mencionar la manera en que funciona la economía internacional y las características socioculturales de muchos países en vía de desarrollo.

En consecuencia, cualesquiera que sean los esfuerzos locales de estos países en investigación y desarrollo experimental, emprendidos a veces a un alto costo financiero y social, se desperdician, en gran parte, debido a la falta de vínculos

[1] Definidos como el conjunto de centros de investigación científica, tecnológica y de desarrollo industrial, más la infraestructura científica y tecnológica tangible e intangible.

permanentes entre las actividades científico-tecnológicas y los sistemas locales educativos y productivos, por lo cual se carece de correspondencia entre la demanda y la oferta interna de producción científica y de conocimientos tecnológicos.

Primero, los científicos y tecnólogos de los países en vía de desarrollo participan sólo marginalmente en las actividades de la educación superior, aun en los casos en que los pocos centros de investigación y desarrollo están ubicados materialmente dentro de las universidades. Además, las condiciones poco satisfactorias de la educación general y en especial de la técnica se traducen en extrema escasez de personal técnico de apoyo para la investigación y el desarrollo experimental. Esta escasez de recursos humanos de nivel medio, junto con la burocratización del sector público, y lo inadecuado de las instituciones de educación superior, da como resultado la bajísima productividad de las comunidades científico-tecnológicas locales pequeñas y pragmatadas. Más aun, la ausencia o debilidad de los mecanismos de difusión científica y tecnológica en todos los niveles educativos perpetúa el aislamiento de la ciencia y la tecnología respecto a la sociedad, impide la ampliación de la cultura científico-tecnológica fuera de las pequeñas élites directamente involucradas en las actividades de investigación.

Segundo, la demanda de conocimientos científicos e innovaciones técnicas del sistema productivo se satisface en su mayor parte desde el exterior, aun en los países en vía de desarrollo más adelantados. Por un lado, las unidades productivas, ya sean públicas o privadas, nacionales o extranjeras, demuestran una clara preferencia por la tecnología de origen extranjero porque su utilización supone menos riesgos a nivel de empresa que la experimentación de las técnicas producidas localmente. Por otra parte, los científicos y tecnólogos nacionales son incapaces de producir conocimientos útiles o las tecnologías de procesos y productos que pudieran progresivamente sustituir algunas de las importaciones científico-tecnológicas. Así, desde el punto de vista del empresario, la importación de tecnología se considera más conveniente y rentable que la local que no haya sido probada aún.

Tercero, los sistemas científico-tecnológicos en los países en vía de desarrollo no sólo carecen de la cantidad y la calidad de los recursos humanos requeridos, sino que, además, los recursos financieros y empresariales disponibles internamente para la investigación y el desarrollo experimental continúan siendo en gran parte inadecuados, tanto en términos absolutos como relativos, aun considerando las diferencias de ingresos *per cápita* entre los países desarrollados y los países en vía de desarrollo, y las necesidades de éstos.

Cuarto, la deficiente distribución funcional de los gastos en investigación y desarrollo experimental impide la expansión científico-tecnológica. Mientras que hasta las tres cuartas partes de los recursos financieros disponibles, provenientes en su mayor parte del Estado, se dedican en general a cubrir salarios y sueldos de personal de investigación, los fondos destinados tanto a la adquisición de equipo como de servicios necesarios para un esfuerzo científico-tecnológico serio y pertinente son escasos, o se utilizan mal porque los científi-

cos y los tecnólogos tienden a seguir la modalidad del "sobre-equipamiento" que suele prevalecer en algunos países avanzados.

Quinto, mientras la mayoría de las instituciones de investigación y desarrollo experimental —ubicadas sea en las universidades o en el sector público— padecen una escasez crítica de investigadores, continúa la proliferación institucional en función del vano prestigio que da el ser "jefes" o "directores". Por lo tanto, muy pocos científicos y tecnólogos dedican su tiempo completo a la investigación y desarrollo experimental. Más aun, la escasez general de las habilidades necesarias para dirigir la investigación y el desarrollo experimental da lugar con frecuencia a que los mejores cerebros se vean rápidamente absorbidos por tareas administrativas y, en seguida, por actividades políticas o burocráticas.

Sexto, el desarrollo científico-tecnológico está altamente desequilibrado, tanto sectorialmente como por disciplinas; en consecuencia, se descuidan áreas muy importantes de investigación y desarrollo experimental. Esto manifiesta dos hechos: primero, la red institucional y de centros de investigación y desarrollo experimental es el resultado de iniciativas individuales no coordinadas y de decisiones tomadas al azar, y segundo, la mayor parte de las decisiones referentes a áreas y prioridades de investigación se originan en el personal científico-tecnológico adiestrado en el exterior. A pesar de su buena preparación formal, este personal tiende a emprender investigaciones que están de moda en los países desarrollados.

Séptimo, en la mayoría de los países en vía de desarrollo, si bien por razones socio-históricas la oferta de los llamados investigadores puros es mayor que la de aquellos interesados en las investigaciones aplicadas y las innovaciones tecnológicas, los recursos financieros para investigación básica siguen siendo muy escasos. A causa del escaso interés que demuestra el sector privado en la investigación y el desarrollo experimental, tampoco hay fondos suficientes para la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico. Estas últimas se concentran en unos pocos sectores de los países en vía de desarrollo más adelantados en los cuales la presencia del Estado y del sector público como productores de bienes industriales estratégicos y de servicios sociales es particularmente fuerte. Por ejemplo, en México, y en los últimos diez años, el petróleo y la energía, la agricultura comercial, la medicina y la salud han absorbido alrededor de la mitad de la totalidad de los recursos financieros disponibles para investigación y desarrollo experimental. Por otro lado, todos los países en vía de desarrollo —incluido México— han descuidado áreas de investigación y desarrollo experimental de suma importancia para un desarrollo socioeconómico equilibrado, tales como la agricultura de subsistencia, los recursos no renovables (excepto el petróleo) y los renovables, la manufactura de bienes de capital, las comunicaciones y los transportes, el desarrollo urbano y habitacional, etcétera.

La expansión de las actividades científico-tecnológicas en los países en vía de desarrollo se ve obstaculizada también por multitud de otros factores, que surgen del hecho de que aún cuando se hacen esfuerzos esporádicos y débiles con el propósito de incrementar los recursos financieros y humanos para la ciencia y la tecnología, dichas asignaciones no se apoyan en una estrategia de política a lar-

go plazo en el mismo campo, incorporada a programas de investigación a plazo medio ni se vinculan a los planes de desarrollo socioeconómico en general. Las élites políticas y las comunidades científicas de los países en vía de desarrollo no perciben todavía, en general, la relación que existe entre las actividades de investigación y desarrollo experimental y las necesidades de desarrollo. La ignorancia de las relaciones de este tipo es aún mayor entre los grupos empresariales privados.

Contrariamente a la evidencia proporcionada por el sentido común y por las experiencias de los países avanzados, en los países en vía de desarrollo se considera a la ciencia y la tecnología tan sólo como uno de tantos sectores "nuevos" que —se piensa— merecen recibir mayor apoyo que en el pasado, ya que el mundo pasa actualmente por una revolución tecnológica, cuyas implicaciones no se entienden todavía con claridad en esos países. Esta percepción intuitiva y primitiva de la importancia de la ciencia y la tecnología se traduce de tiempo en tiempo en programas científico-tecnológicos de emergencia que cerrarían de manera automática la brecha que al respecto existe entre los países en vía de desarrollo y los avanzados. En tanto en los países en vía de desarrollo falta comprensión de que el avance científico y tecnológico es un asunto a largo plazo. Los programas de emergencia se reducen a enviar más investigadores potenciales al extranjero para su formación adicional, o a pequeños incrementos de los presupuestos de las instituciones de investigación y desarrollo experimental. Sin embargo, por regla general, la formación en el extranjero de los recursos humanos no se coordina con la expansión de los fondos asignados a investigación y desarrollo experimental; no se hacen esfuerzos para integrar estos programas de emergencia, en un marco de prioridades y objetivos generales de la actividad científico-tecnológica. Los resultados de los programas de emergencia son, pues, decepcionantes, sobre todo para los círculos políticos que pretenden obtener resultados científicos y tecnológicos con rapidez. A falta de éstos, las breves instancias de apoyo oficial para la ciencia y la tecnología son seguidas de abandono de los programas de emergencia y de recriminaciones antiintelectuales, dirigidas hacia las pequeñas élites científicas-tecnológicas nacionales, que supuestamente no quieren contribuir al desarrollo de su país.

Además, en los países en vía de desarrollo casi nadie se da cuenta de que la ciencia y la tecnología consisten en un amplio espectro de actividades que afectan simultáneamente todas las esferas de la vida nacional y que, recíprocamente, la ciencia y la tecnología están siendo afectadas también por todo tipo de políticas en vigor. Consecuentemente, las acciones aisladas, como la asignación de fondos para el mejoramiento de la calidad de los recursos humanos ocupados en investigación y desarrollo experimental, y a la expansión institucional de esta actividad, pueden verse anuladas por políticas que, en otros campos, continúan dirigiendo la débil demanda local de conocimientos e innovaciones técnicas hacia fuentes externas.

Si esto ocurre también en aquellos países en desarrollo más avanzados, que han intentado embarcarse en la planificación de la ciencia y la tecnolgía, es porque muchas de las políticas en otras áreas fueron diseñadas mucho antes de

que se hubiera reconocido, a medias, el papel que desempeñan la ciencia y la tecnología en el desarrollo socioeconómico. Como todavía no se han hecho esfuerzos en ningún país en desarrollo para integrar las políticas científico-tecnológicas con las económicas y sociales, y ya que muchos instrumentos de políticas tradicionales, especialmente económicas, tienen un efecto pernicioso para el objetivo de crear una capacidad científico-tecnológica autóctona, los resultados de las acciones no coordinadas de política cienfífico-tecnológica son sumamente decepcionantes. El conflicto entre la política científica y tecnológica y otras políticas es particularmente visible en el campo de la industrialización de los países en vía de desarrollo, pero también está presente en otros sectores importantes, como la agricultura, los servicios de salud y el desarrollo urbano, entre otros.

II

Esta breve reseña de los obstáculos principales de orden interno para el avance científico-tecnológico en los países en vía de desarrollo permite definir un marco de referencia general para la planeación de la ciencia y la tecnología que hiciera explícitas las condiciones necesarias, aunque no suficientes, para crear a largo plazo algún tipo de capacidad científico-tecnológica interna autónoma:

a) La política de ciencia y tecnología debería incorporarse, siempre que fuera posible, a un plan general socio-económico a largo plazo, o en caso de faltar esto, o de que sea débil, a una estrategia nacional de desarrollo.

b) Su objetivo principal debería ser ampliar la dimensión y mejorar la calidad del sistema científico-tecnológico para que la investigación y el desarrollo experimental correspondiera a necesidades socioeconómicas nacionales.

c) Otro objetivo principal debería ser el establecer vínculos entre la producción local de conocimientos y de técnicas, y los sistemas económicos, productivo y político.

d) Debiera dar alta prioridad a la difusión de la cultura científico-tecnológica en la sociedad, o, usando términos económicos, al objetivo de crear un grado de preferencia razonable por los conocimientos e innovaciones producidos en el país entre los consumidores locales de la ciencia y la tecnología.

e) Se debería ir más allá de las esferas de las actividades de investigación y desarrollo experimental, tal como están definidas en los países avanzados, donde la infraestructura científico-tecnológica es sólida y diversificada, y edificar la infraestructura en su sentido más amplio, compuesta no sólo de recursos humanos (para las actividades de gestión administrativa, o investigación y desarrollo experimental y apoyo a éstos), sino también de servicios de apoyo tales como mecanismos de difusión y recolección de información y datos estadísticos, cómputo, servicios de ingeniería y consultoría, producción y mantenimiento de equipo e instrumentos y normas técnicas.

f) Establecer prioridades amplias y flexibles para áreas amplias de investigación y desarrollo experimental, teniendo en cuenta no solamente los ob-

jetivos de desarrollo socioeconómicos a largo plazo, sino también los recursos humanos disponibles y potenciales; la planeación de la ciencia y la tecnología que se limitara a eleborar una lista de posibles proyectos de investigación y desarrollo experimental que podrían llevarse a cabo si hubiera disponibles recursos financieros adicionales, no tendría utilidad alguna.

g) La planeación de la ciencia y la tecnología por ningún motivo debería dejarse llevar por el espejismo de la producción autárquica de conocimientos y técnica, aunque parezcan políticamente atractivas, en algunos países en vía de desarrollo, sino que debe basarse en la premisa de que los conocimientos y tecnologías disponibles provenientes del exterior sólo podrán, a mediano plazo, ser complementados con los resultados de la investigación y desarrollo experimental, y que el principal papel de éstas es aumentar gradualmente el autovalimiento nacional con respecto a las decisiones de cómo y dónde aplicar conocimientos y tecnologías, cualquiera que sea su origen.

h) Excepto cuando los conocimientos y tecnologías extranjeros no estén disponibles o estándolo, su aplicación no concuerda con los principales objetivos nacionales de desarrollo socieconómico, la planeación de la ciencia y la tecnología debe dar prioridad y apoyo a la formación de la capacidad nacional para absorber y adaptar los conocimientos científico-tecnológicos de origen externo, ya que la presencia de tal capacidad condiciona la producción interna de tales conocimientos.

i) En vista de que la formación de la capacidad local para absorber, adaptar y en su caso producir nuevos conocimientos científicos y tecnológicos dará frutos solamente si está acompañada del surgimiento de una demanda nacional de ellos, la planeación de la ciencia y la tecnología debe proporcionar instrumentos de regulación de las importaciones tecnológicas, los cuales serían aplicables no sólo a la transferencia de la tecnología del exterior, sino también a la propiedad industrial, así como a las inversiones extranjeras directas.

j) Es menestar establecer mecanismos permanentes de planeación de la ciencia y la tecnología en los que participarían plenamente la comunidad científica y los usuarios de conocimientos tecnológicos; tales mecanismos deberían tener en cuenta el gran peligro de su burocratización, y tendrían entre sus objetivos la revisión periódica de la estrategia de ciencia y tecnología a largo plazo, el diseño del marco general y las pautas para la planificación a mediano plazo y la participación en la elaboración de los programas de investigación y desarrollo experimental correspondientes.

k) Finalmente, debe establecerse una distinción entre la planeación de las actividades científicas y la planeación tecnológica, aunque sea casi imposible establecer una división clara y precisa entre ambas actividades.

III

La literatura contemporánea sobre ciencia y tecnología está llena de especulaciones de poca utilidad acerca de las relaciones entre ciencia y tecnología. Lo poco que se sabe en esta materia es que la relación no es lineal, y que los sistemas

científico-tecnológicos modernos empezaron, históricamente, de muchos puntos distintos de un continuum. A principios del siglo XIX había países que sobresalían en las ciencias (Francia y Rusia), al lado de los países que hacían relativamente poca ciencia pero registraban muchísimo progreso tecnológico (Gran Bretaña). También había países que carecían de ambos (Estados Unidos), donde la ciencia y la tecnología comenzaron a través de experimentos tecnológicos. Un siglo y medio más tarde, todos estos países son potencias científico-tecnológicas importantes.

A menudo, se sostiene en los países en vía de desarrollo que el avance científico es un lujo innecesario y que no puede darse. Concomitantemente, en dichos países se oyen argumentos de que la única ciencia que debe fomentarse es aquella en que sus descubrimientos tengan aplicación tecnológica inmediata. Ambas actitudes, que no sólo son incorrectas sino perjudiciales a la sociedad, reflejan un grado impresionante de ignorancia. Los países en vía de desarrollo necesitan tanto buena ciencia como conocimientos técnicos, por razones que van más allá de la proposición de sentido común de que la buena ciencia promueve la producción de tecnología. La ciencia tiene también otras funciones importantes, aparte de apoyar el avance tecnológico. Quizás la más importante sea la de proporcionar una base para la cultura científica general, urgentemente necesaria para incrementar el grado de racionalidad en las sociedades en vía de desarrollo enfrentadas a los problemas sociales y económicos terriblemente complicados del desarrollo. Aunque no es correcto esperar que las actitudes científicas remplacen a las ideologías, el uso de ideologías, en ausencia de mecanismos de control proporcionados por la ciencia y la racionalidad, ha llevado en el pasado, y llevará en el futuro, a grandes desastres políticos y sociales.

Los países en vía de desarrollo tienen que promover la ciencia también por otros motivos. Los avances científicos son un factor importante de prestigio y de satisfacción nacional, ofrecen vínculos permanentes con el mundo exterior y proporcionan empleo socialmente útil a grupos de científicos que, por más pequeños que sean, representan el meollo de las élites científicas y tecnológicas en los países menos desarrollados. La falta de atención o el abandono de la ciencia en los países en vías de desarrollo terminaría en la emigración permanente de recursos humanos de primera, que significaría una pérdida muy considerable a la sociedad. Dicha emigración ocurriría, aun cuando tales países dieran muy alta prioridad a las actividades tecnológicas, porque las características psicológicas de los investigadores, las determinantes sociales y los valores inherentes a la producción de la ciencia, son muy diferentes a los relativos a la producción de conocimientos técnicos. Estas diferencias explican por qué los científicos de primera son muy pocas veces grandes tecnólogos, y viceversa, aunque siempre existirán excepciones a esta regla. Junto con la naturaleza variante de los esfuerzos científicos y tecnológicos, las diferencias funcionales entre la ciencia y la tecnología, los aspectos psicológicos y sociales de la ciencia y la tecnología explican por qué la planeación de la ciencia ofrece un tipo diferente de desafío y plantea enfoques y metodologías distintas a las que se aplican en la planeación tecnológica.

A veces se sostiene que, debido a la imposibilidad de predecir los descubrimientos científicos, la ciencia no se presta por sí misma a ninguna planeación. Esta posición es correcta solamente en los casos en que la planeación intente imponer a la ciencia criterios a corto plazo, aspirando a "asegurar" la aplicación práctica directa de los resultados del avance científico. Ya que tales criterios se contraponen a la naturaleza misma de los avances y descubrimientos científicos, la política científica no debe siquiera tratar de elaborarlos.

La imposibilidad de establecer criterios "pragmáticos" para la ciencia no anula, sin embargo, la necesidad y la posibilidad de planear la ciencia y los países en vía de desarrollo. La ciencia puede y debe ser planificada, primero por la escasez de recursos humanos para tal fin y, segundo, por la infinidad de opciones que se presentan a las tareas y las especulaciones científicas. Son cuatro los objetivos principales de la planeación científica en su aspecto más general: 1) incrementar la productividad científica y asegurar su excelencia, esto es, producir ciencia buena y pertinente al costo social más bajo: 2) crear condiciones favorables para un enfoque multidisciplinario de los problemas científicos; 3) ampliar las fronteras de la ciencia de tal modo que el progreso científico pueda apoyar, directa o indirectamente, investigaciones aplicadas y desarrollos tecnológicos específicos que en las sociedades avanzadas se dejan a un lado y, 4) apoyar el sistema educativo nacional en todos los niveles.

Sin embargo, en los países en vía de desarrollo, tanto los planificadores de la ciencia y la tecnología como los científicos mismos deben tener presente que no es factible determinar *ex ante* las posibles relaciones entre la ciencia pura y su posible aplicación a otras partes del continuum llamado ciencia y tecnología, o los posibles usos de la ciencia para otros fines y que además la aplicación de la ciencia a la solución de problemas no científicos no puede servir de criterio único para apoyar la ciencia. La historia abunda en ejemplos de descubrimientos científicos que fueron seguidos por aplicaciones no científicas sólo después de muchas generaciones. Otros grandes descubrimientos científicos jamás se han transformado en adelantos tecnológicos directos.

Contrariamente a lo que se piensa, la planeación científica inteligente no involucra la renuncia de los investigadores a la libertad científica. La tarea de los planificadores de la ciencia y la tecnología, que han de tener forzosamente alguna experiencia con la naturaleza del desarrollo científico, se limita a definir, en términos muy generales, áreas o categorías amplias de disciplina, en las cuales el progreso científico parezca más probable que en otros, en vista de la disponibilidad de recursos humanos competentes y de infraestructura, por un lado, y debido a algún tipo de balance entre los conocimientos ya acumulados y la percepción de ámbito de la naturaleza de los problemas científicos todavía no resueltos, por otro. Estos elementos deben ser ponderados cuidadosamente —otra vez en forma muy amplia— a la luz de necesidades alternativas de avance científico en una sociedad subdesarrollada. El complicado proceso que desemboca en establecer prioridades generales para el apoyo a las actividades científicas —tanto en los países en vía de desarrollo como en otras partes— nunca debe caer en una rigidez absolutista; tampoco debe degenerar en decisiones unilate-

rales respecto a la supuesta aplicabilidad social de los proyectos específicos de investigación.

Si bien parece sencillo llegar a una conclusión abstracta de que las investigaciones biológicas puedan ser más importantes para un país en desarrollo que la astronomía o la topología, la conversión de esas "prioridades" en apoyo o retiro de apoyo para disciplinas específicas o —peor aun— para proyectos específicos de investigación, orilla claramente al desastre. Lo más que los planificadores de la ciencia y la tecnología puedan esperar en los países menos desarrollados es que la combinación de recursos humanos disponibles y dispuestos a ocuparse en actividades científicas con recursos financieros y gerenciales producirá buena ciencia, y que el apoyo a la ciencia por el Estado incremente la socialización de las élites científicas, es decir, mejore su entendimiento de la función social de la ciencia.

El aumento de la conciencia social de la comunidad científica local sería un gran logro en sí mismo. Los científicos de los países menos desarrollados son más "asociales" que sus colegas de las sociedades avanzadas, no solamente porque comparten algunos valores no sociales y son el producto —como cualesquiera otras personas— de sistemas educativos deficientes y son víctimas de la sobre-especialización que caracteriza a la ciencia moderna, sino también porque a menudo la misma sociedad subdesarrollada los rechaza.

Provisto de amplios lineamientos acerca de las áreas preferentes de la actividad científica, establecidos en un marco flexible, y apoyados por un esfuerzo congruente a largo plazo por ampliar la infraestructura científica y difundir la ciencia y la cultura científica, los planificadores de la ciencia y la tecnología pueden esperar una respuesta positiva de las comunidades científicas locales. Los buenos científicos, de cualquier parte, pueden hacer clara distinción entre la intervención externa en la libertad científica, a nombre de necesidades sociales reales o equivocadas, y el apoyo auténtico a la ciencia, vista como sgemento importante del continuum científico-tecnológico en su relación con el desarrollo.

Aunque la planeación de la ciencia no se puede dejar a las comunidades científicas solamente, tampoco se puede llevar a cabo sin su participación; la planeación y la programación de los proyectos de investigación deben quedar bajo la responsabilidad de los científicos y sus instituciones. El papel que pueden desempeñar los planificadores de la ciencia y la tecnología como asesores a este nivel es muy considerable. Primero, pueden ayudar en el diseño de programas de investigación a más largo plazo; segundo, pueden actuar como innovadores en el campo institucional. Su tercera función sería idear e implementar mecanismos de apoyo a la ciencia a largo plazo, para proveer a los centros de investigación de equipos y servicios y proponer medidas que den mayor seguridad, financiera y de otra índole, tanto al funcionamiento de las instituciones científicas como a los investigadores en lo individual. Para que estas medidas y mecanismos funcionen correctamente, no bastan los recursos financieros sino que también hay que eliminar obstáculos burocráticos de toda índole, presentes en abundancia en cualquier sociedad subdesarrollada y

originados también, en el caso de las actividades científicas, en la ignorancia general acerca de la importancia de la ciencia y la tecnología frente a otras actividades.

En breve, la ciencia en los países en vía de desarrollo deber ser planificada más bien de manera liberal que sobreplanificada. Además, la planificación debe ser dirigida a las zonas externas de los esfuerzos científicos y a su infraestructura y no a la sustancia de la investigación misma. Los planificadores deben evitar el caer en el otro extremo, que consiste en proveer de manera indiscriminada a esos segmentos de las comunidades científicas de los países en vía de desarrollo que sólo exigen más dinero, pero no están dispuestos a aceptar ningún compromiso social, reclamando ser ciudadanos de la "libre república de la ciencia".

IV

La planeación de las investigaciones aplicadas y los desarrollos tecnológicos en los países en vía de desarrollo es otra cosa. No es realizable sin entrar en los problemas sustantivos, objeto de investigación aplicada y desarrollo tecnológico. Este ejercicio es, a su vez, prácticamente imposible en ausencia de un diagnóstico acerca del "estado del arte" con relación a los conocimientos técnicos disponibles de diferentes fuentes, extranjeras y locales; la disponibilidad de las innovaciones tecnológicas autóctonas; los canales de transmisión de tecnología y de instrumentos de política de todos los tipos que afecten en grado importante tanto importaciones de tecnología como producción local, así como la demanda tecnológica global y sectorial. Aun cuando toda esa información sea recolectada y analizada, los planificadores no podrán establecer criterios y fijar prioridades para la importación y la adaptación de tecnología y su producción local, a no ser que puedan relacionar estos criterios y prioridades con una estrategia de desarrollo socioeconómico de largo plazo. En otras palabras, a menos que los centros nacionales de decisión al nivel más alto tengan una clara idea de qué tipo de sociedad quieren construir, no será posible ninguna política tecnológica coherente. En ausencia de una estrategia nacional de desarrollo, la tecnología importada con el fin del beneficio privado decidirá la conformación del futuro de la sociedad.

Lo ideal sería que la planeación tecnológica en los países en vía de desarrollo se incorporara a una planeación general socioeconómica a largo plazo. Sin embargo, en la mayoría de estos países, la planificación socioeconómica se asemeja más a la ciencia ficción o a una gimnasia retórica que a un ejercicio nacional real. En tal situación, la relación de la planificación tecnológica con lo que algunos escritores sociales y políticos llaman "proyecto nacional" de una sociedad futura quizá ofrezca la solución subóptima pero realista porque tal vez sea la única manera de permitir una primera estimación de las necesidades tecnológicas generales a largo plazo de la sociedad de que se trate.

La subsecuente tarea de los planificadores consistiría en definir y delinear los sectores económicos y sociales, cuyas diversas características funcionales deciden el tipo específico de tecnología necesaria. En el caso de la planeación científi-

fica y tecnológica en México, por ejemplo, a mediados del presente decenio, las largas discusiones sobre este tema involucraron a quienes toman decisiones del sector público, al sector privado, a los productores y usuarios de los conocimientos técnicos, y a los principales responsables de la educación superior. Después de negociaciones se decidió que era menester hacer distinciones entre políticas y prioridades tecnológicas, con respecto a los siguientes sectores: agricultura y economía forestal, pesca, industria manufacturera, minería, energía, comunicaciones y transporte, desarrollo urbano (incluidos la construcción industrial y habitacional), medicina y salud, y educación. Se encontró posteriormente que había que refinar esta división sectorial, primero, porque no consideraba algunas actividades económicas estratégicas que no se podían incluir fácilmente en ningún sector particular; segundo, porque pasaba por alto, en algunos casos, importantes relaciones intersectoriales, y tercero, porque excluía algunos "sectores" que no eran productivos en un sentido económico o social estricto. Por consiguiente, la lista de sectores tecnológicos fue ampliada: a) agregando la producción de alimentos, que abarca un conjunto de actividades que van desde la agricultura hasta la distribución de productos alimenticios elaborados; b) subdividiendo las actividades manufactureras en bienes de consumo no duradero, intermedios y de consumo duradero, considerados estos últimos conjuntamente con los bienes de capital; c) haciendo distinción entre la agricultura comercial y de subsistencia; y d) estableciendo una nueva categoría general de actividades que requieren de investigación aplicada así como de conocimientos técnicos, tales como la ecología, los recursos renovables y los fenómenos naturales.

La elaboración de un "mapa tecnológico" similar de la economía y la sociedad es un prerrequisito para la subsiguiente etapa de planificación que, con apoyo del análisis de sistema, lleva al disgnóstico sectorial de la demanda tecnológica y de las fuentes de suministro. Tal ejercicio, para el cual es preciso movilizar los mejores expertos nacionales, comprendidos los científicos, exige la recolección de un cuerpo considerable de conocimientos sobre el estado general y dirección del avance tecnológico mundial por sectores y subsectores, y la recopilación de información detallada sobre importaciones tecnológicas (también por sectores) y sobre el estado sectorial local de la investigación y el desarrollo experimental locales. Como ningún organismo estatal y ninguna institución de investigación y desarrollo experimental local posee toda la información necesaria al respecto en esa etapa de la planeación, sólo puede tener éxito con la más amplia participación de expertos nacionales en cada campo, de preferencia actuando a título personal y no institucional.

A la vez, esta etapa de planeación tecnológica hace necesario el establecimiento de una oficina permanente de estadística sobre ciencia y tecnología, capaz de procesar información detallada sobre el sistema científico-tecnológico nacional en función de su estructura institucional, recuros humanos, programas de investigación y desarrollo experimental y proyectos en marcha o planeados. Tal oficina de estadística científico-tecnológica debe cooperar con organismos nacionales a cargo de la regulación de las importaciones de tecno-

logía, política acerca de la propiedad industrial (patentes y marcas) y de las inversiones extranjeras directas, estas últimas en canal más frecuente para la transmisión de conocimientos técnicos originados en el exterior.

La siguiente etapa corresponde a la traducción del dignóstico sectorial de la oferta y la demanda de tecnología en pautas generales para investigación y desarrollo experimental, para un período de por lo menos 10 años. Estos lineamientos deben ser revisados periódicamente, de acuerdo con los avances tecnológicos dentro y fuera del país, y también en función de los posibles cambios o ajustes de las políticas socioeconómicas internas. La elaboración de estas pautas implica la participación de representantes de los principales institutos de investigación y desarrollo experimental y de los usuarios de conocimientos tecnológicos en el sector público y el privado. Las pautas establecidas de esta manera deben ser consideradas con gran flexibilidad entendiéndose que la exclusión de algunas áreas o temas de las listas sectoriales pueden obedecer a tres motivos: algunas áreas de investigación y desarrollo experimental pueden ser cubiertas con importaciones de tecnología; otras tal vez no sean de importancia para la economía y la sociedad de que se trate, y, finalmente, en otras no se dispone todavía de los recursos humanos que asegurarían avances de cierta importancia. El amplio y flexible alcance de estas pautas, que deben tener carácter indicativo y no obligatorio, ofrece una gran ventaja para la etapa de su implementación: permitirá a los institutos de investigación y desarrollo experimental establecer programas y proyectos que tengan en debida cuenta tanto la disponibilidad de los recursos humanos como las restricciones financieras. También les permitirá adoptar criterios generales con respecto a la formación de nuevos investigadores y la ampliación futura de la infraestructura institucional. Es en este momento cuando deben explorarse en detalle las posibilidades de la cooperación internacional científica y tecnológica.

V

La tarea final de los planificadores de la ciencia y la tecnología es estimar la capacidad del sistema científico-tecnológico nacional para absorber recursos financieros adicionales a la luz de: a) la oferta posible de nuevos recursos humanos y b) los gastos planeados para la expansión de la infraestructura científico-tecnológica, material e institucional. Tal ejercicio, que hará uso de toda la información —tanto cuantitativa como cualitativa— recogida durante el proceso de planeación, corresponde a los planificadores mismos. Para que permita establecer objetivos financieros de apoyo científico-tecnológico a largo plazo, debe efectuarse simultáneamente desde dos puntos: ha de tener en cuenta la disponibilidad potencial de una totalidad de recursos financieros para ciencia y tecnología, y a la vez, estimar los costos probables de: a) el mantenimiento del sistema científico-tecnológico existente; b) la formación y el empleo de nuevo personal científico-tecnológico y c) el mejoramiento y la expansión de la infraestructura científico-tecnológica durante el período cubierto por la planeación. Los intentos de fijar metas nacionales generales para el gasto científico-

tecnológico como proporción del PNB el ingreso *per cápita*, pero que no consideren la capacidad de absorción del sistema de ciencia y tecnología respecto a recursos humanos y financieros adicionales, son inútiles.

Así, la planeación de la ciencia y la tecnología llegará en términos formales a su fin. Sin embargo, será de poca utilidad si no le sigue una etapa de implementación, cuya descripción y análisis excede los límites de este ensayo. Es preciso insistir en que la implementación no puede limitarse en la elaboración de una secuencia de programas y proyectos de investigación por sectores para la duración del plan. Tendrá que incluir muchas decisiones de política muy importantes, tales como la forma y el poder del organismo encargado de implementar un plan de ciencia y tecnología, su posición dentro del Poder Ejecutivo, cambios legales e institucionales necesarios para eliminar conflictos entre instrumentos de política científico-tecnológica e intrumentos de otras políticas, y también medidas para ampliar y fortalecer la infraestructura científico-tecnológica. La magnitud e importancia de la tarea de implementar un plan de ciencia y tecnología indican que los arreglos institucionales establecidos para propósitos de un plan no deben ser disueltos después de su elaboración sino más bien rediseñados, según las experiencias que se vayan adquiriendo en el proceso de planeación.

Considerando el creciente interés en todo el mundo en el tema de la planeación y el avance de la ciencia y la tecnología, parece conveniente sugerir que las relaciones entre la planeación de la ciencia y la planeación tecnológica sigan siendo estudiadas en detalle a nivel nacional e internacional, después de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (UNCSTD). Cabe mencionar que tales trabajos no deberían abogar *ex ante* por la separación de la planeación de la ciencia y la planeación tecnológica en los países en vía de desarrollo. Mientras la división del trabajo existente en los organismos internacionales puede hacer atractiva tal separación, con base en el argumento de que la ciencia y la tecnología tratan de "cosas diferentes", tal divorcio causaría mucho daño a los países en vía de desarrollo. Lo que se necesita es el reconocimiento global de que si bien, por ejemplo, el enfoque de la UNESCO, que pone el énfasis sobre las estrechas relaciones entre la ciencia y la cultura no es correcto, tampoco sería correcto enfatizar sólo la importancia de los adelantos tecnológicos en los países en desarrollo, olvidándose de la ciencia.

UNESCO/ROSTLAC **(borrador para discusión)**

LA MEDICION DE LAS ACTIVIDADES CIENTIFICAS Y TECNOLOGICAS

Eduardo Martínez
Rubén Nájera
Montevideo, 1986

INDICE

		Página
RESUMEN		2
I.	INTRODUCCION	3
II.	CONCEPTOS BASICOS	4
	A. Potencial y capacidad C & T	
	B. Variables e indicadores	
	C. Estadísticas de C & T	
	D. Inventario y relevamiento	
III.	LOS METODOS DE LA OECD, LA UNESCO Y LA OEA	8
	A. Ambito de la medición	
	B. Variables e indicadores	
	C. Clasificaciones institucionales y funcionales	
	D. Recolección, procesamiento y análisis	
	E. Análisis y utilidad de los datos	
	F. Aplicabilidad de los métodos convencionales de la medición de las actividades en C & T en los países de América Latina	
IV.	MEDICIONES NO ESTANDARIZADAS	23
	A. Otros insumos	
	B. El producto	
	C. Ejecución y eficiencia	
	D. Problemas y posibilidades	
V.	FUNCIONALIDAD DE LAS ESTADISTICAS E INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGIA EN AMERICA LATINA: CONCLUSIONES	29

RESUMEN

En la medición de las actividades científicas y tecnológicas es importante diferenciar los ámbitos y niveles en los que es válido utilizar conceptos difundidos por distintas fuentes y que, en la documentación de referencia, se traslapan o descuidan.

El llamado potencial científico y tecnológico se refiere, en la práctica, a la capacidad real de investigación y desarrollo experimental de un país medida en términos de dotación de recursos humanos y financieros. El inventario del potencial, por otro lado, es el proceso y resultado primario de la recolección de la información referente al potencial, entendido con esa restricción. El ámbito del potencial (y, por tanto, del inventario) está dado por variables previamente determinadas. Aunque suele dársele una acepción más amplia, se ha entendido aquí, por estadísticas de C&T, el resultado procesado y agregado, usualmente presentado en forma tabular, de la información derivada del inventario y de otras fuentes en términos de dichas variables y sus clasificaciones. De la correlación de variables, procedan o no del inventario e involucren o no variables diferentes de las relacionadas con la capacidad C&T, se derivan los indicadores de C&T cuya función consiste en medir, una característica o aspecto propio de dicha capacidad.

Los métodos llamados aquí estándar y procedentes de la OECD, la UNESCO y la OEA, cuyas principales características se discuten en el siguiente capítulo, son coincidentes en la extensión del tema, definida por las variables adoptadas, y enfatizan aspectos de clasificación y recolección sobre los de aplicación y procesamiento y presentación final de la información.

En general, los tres métodos de medición de actividades C&T considerados como convencionales, comparten características y enfoques similares variando en la medida en que se destinan a públicos diferentes. La principal restricción de los métodos radica en el tipo de variables consideradas como medibles que se refieren a 1) los insumos de las actividades, medidos en términos de recursos humanos y financieros, y 2) casi exclusivamente las actividades de I&D.

Esto condiciona el tipo de resultados los que a su vez están ceñidos a la utilización de clasificaciones que, en alguna medida, responden a realidades no necesariamente universales.

La definición de indicadores, en particular, ha sido escasa en contraposición al desarrollo de aspectos operativos de recolección de datos y de diseño de instrumentos censales. La utilidad final de las mediciones es una premisa afín al contexto global donde se originaron los métodos por lo que el análisis y la utilidad de las mediciones deben ponderarse en relación con las variables que se adopten.

Resulta claro que cada metodología responde o intenta responder a un enfoque en el cual las características y necesidades propias de regiones menos desarrolladas han influido poco. Sin considerar no aplicables los métodos estándar, es inevitable reconocer la necesidad de un proceso adaptativo de los mismos y de su ampliación (o el diseño de métodos adicionales) con el objeto de abordar los aspectos más activos en la configuración de las problemáticas locales del desarrollo C&T, de sus contextos interno y externo y del espacio de acción de los centros de decisión de los países.

Las mediciones no convencionales de actividades de C&T pueden agruparse, según su origen y el ámbito al que se dirigen, en experimentales con fundamentación teórica relacionadas con investigaciones sobre el proceso innovativo en países industrializados, y en empíricas basadas en la experiencia y requerimientos de países fundamentalmente diferentes como los latinoamericanos. En este segundo caso, en particular, las mediciones han alterado la visión de los métodos convencionales en términos de qué puede medirse y en qué forma hacerlo, abordando, siempre en un esquema de proceso C&T, la medición de insumos, ejecución y, más que productos, de beneficio o aplicación potencial en su traslado a la sociedad.

Las necesidades impuestas por la realidad misma y por los sistemas de planificación (formales o no) de la mayoría de países de la región parece abogar, hasta ahora, por mediciones heterodoxas pero los principales problemas de aplicación de métodos nuevos (y de su desarrollo) involucran costos que probablemente serían mejor enfrentados desde una perspectiva más regional pero sin sacrificar aspectos medulares de las dimensiones nacionales.

I. INTRODUCCION

La medición de las actividades C&T en América Latina es un interés que data de cerca de dos décadas y las experiencias realizadas, aunque con poca periodicidad, incluyen a todos los países de la región.

En algún grado, diferente para cada caso, la medición centrada en I&D en países preocupados con mayor énfasis en problemas de comercialización de tecnologías y servicios técnicos, ha tendido a generar una dicotomía de las actividades y enfoques de los planificadores de la C&T vigente y poco resuelta.

Este trabajo no pretende abordar un tema tan amplio, pero intenta contribuir a una visión crítica de los problemas metodológicos de la planificación C&T en la región, en particular en lo referente a países de menor desarrollo. Las secciones subsecuentes se concentran, en su orden, en: aspectos conceptuales relativos a los niveles de tratamiento de la información C&T; revisión de los métodos convencionales de recolección, procesamiento y análisis de datos C&T propuestos por organismos internacionales; las diveregencias derivadas de métodos no convencionales; y una reflexión final sobre aspectos contextuales propios de América Latina, y sus diferencias internas, que afectan la medición de actividades C&T. En los anexos, a título complementario y de referencia, se han incluido aspectos relevantes de los métodos convencionales de medición de actividades C&T.

II. CONCEPTOS BASICOS

En el tratamiento de los problemas de medición de la ciencia y la tecnología se corre con frecuencia el riesgo de incurrir en confusiones semánticas. Esto es natural en un campo en que variables, categorías y taxonomías se encuentran en proceso de estudio y de cambio permanente, de modo que con facilidad divergen en contenido e interpretación al trasladarse a diferentes ámbitos espaciales y temporales. En general, aunque en las secciones siguientes se comentarán y en los anexos se incluya una selección de opciones, la revisión de aspectos específicos de las variables científicas y tecnológicas y sus clasificaciones no es objeto de este trabajo; más aún, es válido afirmar que las características de contexto de cada caso particular previenen contra intentos normativos.

En este capítulo solamente se discuten problemas de difinición propios de la medición y de sus grados de aproximación a la realidad bajo estudio como lo plantean los métodos estándar divulgados en la región, considerando que éstos tienden a mezclar indiscriminadamente las nociones de identificación, recolección y procesamiento de datos. Ante todo, conviene subrayar que la información relacionada con las actividades C&T no suele considerarse del todo consistentemente.

Inventario y potencial son términos acuñados por la OEA y la UNESCO; estadísticas de C&T es una expresión más amplia que abarca a aquéllas y está más difundida entre investigadores y centros de investigación; la OECD, pionera en este campo, únicamente hace referencia a la medición de actividades C&T. La definición de determinadas variables e indicadores supone, por supuesto, una interacción de niveles en la cual circunstancias de contexto y el enfoque con que se aproximan las actividades C&T juegan un papel importante. Como se trasluce de la discusión de los siguientes capítulos, ésos serán, precisamente, los principales factores condicionantes de las variables e indicadores que se seleccionen para medir y expresar la situación de la ciencia y la tecnología en un lugar y momento dados. A continuación importa, tan sólo, comentar los niveles de trabajo propuestos para la medición de las actividades C&T.

A. POTENCIAL Y CAPACIDAD C&T

El potencial científico y tecnológico (PCT) fue definido por la Unesco en 1970 como el total de los recursos de que un país dipone para "investigar, inventar e innovar y para estudiar problemas nacionales e internacionales que plantean la ciencia y sus aplicaciones", y para su medición estableció una lista de seis elementos heterogéneos que, en resumen, incluían recursos humanos, financieros y físicos, actividades de investigación e información y organización. En la práctica e incluso a la luz de estos elementos, la aplicación de una definición de este tipo no ha sido posible y ha quedado restringida a la dotación de recursos humanos y financieros destinados a actividades de investigación y desarrollo experimental (I&D) y a algunas estrechamente asociadas como las de información. La idea de que la noción de potencial puede sustentarse en la inclusión, dentro de la delimitación del potencial, de la cuantificación de los recursos humanos calificados (científicos e ingenieros) de un país es poco válida ya que presupone que todo profesional es potencialmente un investigador o que todo ejercicio profesional es una actividad científico-tecnológica lo que, no es consistente con el ámbito más restringido de la medición efectiva del potencial.

La noción de capacidad está estrechamente relacionada con la de potencial, si bien no se utilizan en conjunción (capacidad potencial y capacidad real serían, en efecto, expresiones obvias). En principio, el concepto de capacidad C&T ha sido usado más en el sentido restringido de potencial: es decir, de la dotación de recursos de un país que le permiten un determinado desempeño en actividades de I&D. Su medición, sin embargo, no ha sido requerida presuponiendo, tal vez, que la misma era propia de las actividades de recolección de estadísticas.

El concepto de capacidad C&T ha sido más bien de carácter explicativo; subdividido en una capacidad básica y otra especializada ha servido para ejemplizar, en la formulación de la política científica y tecnológica, una frontera hipotética por debajo de la cual la orientación temática de la investigación no es pertinente y por encima de la cual los esfuerzos de un país pueden hacerse coincidir con problemas u objetivos de desarrollo socio-económico. La validez del esquema no nos compete. Más recientemente, sin embargo, y en un sentido más pragmático para nuestro medio, la capacidad C&T ha sido considerada, más allá del ámbito de la I&D, como la habilidad de un país para manejar, replicar, modificar, adaptar y generar tecnologías.

En el presente análisis de los métodos de medición de la C&T se sigue una aproximación pragmática por lo que las referencias al potencial C&T convencional se sustituyen por la dotación de recursos destinados a I&D.

B. VARIABLES E INDICADORES

El estudio de la capacidad C&T, fuere para los fines que fuere, debe iniciarse forzosamente por la caracterización de los elementos que la componen y que son susceptibles de medición. A dichos elementos los llamaremos variables y se caracterizarán por ser mensurables, poseer unidad de medida y expresarse en valores absolutos. Aunque las variables expresan sendas características del objeto de análisis no pueden, por sí solas, expresar aspectos cualitativos del mismo. Esta es función de los indicadores, que demandan mayor agregación y un grado de elaboración teórica y conceptual más sofisticado; esto explica, por otro lado, el escaso uso que han tenido en la cuantificación de los esfuerzos de C&T. El concepto de indicador es generalmente intuitivo; Johnstone le atribuye cinco características que comprenden: la generalidad, el hecho de comportar una correlación entre variables distintas o de distintos contextos, la cuantificabilidad, la temporalidad y la posibilidad de constituir unidades básicas por diversos desarrollos teóricos.

Así, el indicador puede ser considerado como la medición más agregada y compleja (como en el caso de índices compuestos) utilizada para describir un rasgo del objeto o realidad bajo estudio; su unidad de medida es o compuesta o relativa. En el caso particular de la C&T, se encontrarán pocos indicadores aceptados con algún grado de extensión o registrados en los métodos convencionales.

La medición de la dotación de recursos los requiere poco y los que usa son relativamente transparentes; es en la llamada medición de productos donde han sido más discutidos pero menos aplicados, sea para la evaluación del impacto social de la C&T o simplemente para medir la eficiencia de los sistemas de I&D o de la incorporación de innovaciones a la actividad económica.

Los dos principales indicadores relativos a la dotación de recursos para I&D, el gasto expresado como % del PIB y el número de investigadores y técnicos per capita, han cumplido una función de comparación internacional de datos y sólo ocasionalmente se han utilizado para establecer techos o metas cuantitativas de desarrollo. En general, los métodos de medición han cuidado más de definir las variables a medir y sus clasificaciones que a formular indicadores, los que usualmente se implicitan o se combinan con "índices" que son, con frecuencia, los datos globales asignados a las variables luego de la cuantificación.

C. ESTADISTICAS DE C&T

La denominación de estadísticas de C&T ha sido frecuentemente utilizada en un sentido sumamente amplio para designar los aspectos teóricos y operativos así como los resultados y tabulaciones de la medición de las actividades C&T. Aquí únicamente se llamarán estadísticas de C&T a los resultados tabulados de la medición de las actividades, recursos o potencial C&T, incluyéndose los ordenamientos de las cuantificaciones agregadas de las variables que determinan los principales rasgos de la capacidad C&T. Por las limitaciones en la medición de esta capacidad, sin embargo, es claro que no todas las estadísticas de C&T se refieren al potencial si bien todas las variables atinentes al potencial pueden constituir estadísticas. Asimismo, los indicadores proceden, en general, de datos estadísticos (a veces involucran estimaciones) pero no todos los datos estadísticos generan indicadores ya que, por su definición, el indicador puede recurrir a relaciones de distintos ámbitos estadísticos y correlacionarse con datos no estadísticos.

Los métodos para la medición de C&T son poco precisos en cuanto al tipo de resultados tabulados que debe arrojar la medición; esto es atribuible a varios factores: al hecho de que los métodos se concentran en la definición de variables y clasificaciones; a que éstas llevan implícitas los posibles cruces y arreglos de que son susceptibles; a que la mayoría fueron formulados, al menos en sus versiones originales, en un momento en que la agregación y tabulación de datos presentaba problemas logísticos

más allá de cierta capacidad (un manual de Unesco, por ejemplo, fue dedicado al uso de recursos como los sistemas de coincidencia óptica y al ingreso de datos a ordenadores por tarjetas).

El tipo de estadísticas necesario es un problema íntimamente relacionado con la definición de variables e indicadores. Incluso en trabajos de la OECD se hace obvio que ha sido necesario o alejarse de los lineamientos del manual o reprocesar datos para aproximarse más a resultados estadísticos adecuados al objeto de trabajo. El diseño de cuadros de salida de la información es una actividad básica previa a las de medición en la que se requiere detenido análisis de demandas propias y experiencias previas.

D. INVENTARIO Y RELEVAMIENTO

El concepto de inventario se ha usado en estrecha vinculación con el de potencial C&T (de I&D) y está asociado al proceso mismo de recopilación de toda la información referente a aquél. En ese sentido, el inventario es el censo de los recursos destinados a C&T (I&D) en el país en un momento dado. Las guías y manuales, sobre todo de Unesco pero también de OEA, relativas al inventario del potencial C&T comprenden instrumentos e instructivos censales tipo que sirven de marco de referencia e, incluso, han sido eventualmente utilizados sin mayor modificación.

El inventario no es, por sí solo, sino un registro de la información a un nivel de total desagregación o detalle; desde ese punto de vista constituye, no sólo la actividad de recolección sino materia prima de información, estadísticas e indicadores. Los relevamientos, por su parte, son menos frecuentes que los inventarios (ya que, de hecho, constituyen su primera etapa) y son más frecuentemente emprendidos por organismos internacionales cuyas demandas de información son de tipo referencial. Es usual que las estadísticas de C&T den origen a su vez a, o vayan acompañadas por, un directorio de centros de investigación y, a veces, de investigadores.

III. LOS METODOS DE LA OECD, LA UNESCO Y LA OEA

El interés por cuantificar y medir los esfuerzos nacionales en C&T con miras a su planificación y programación, fue un resultado más de la experiencia bélica de la Segunda Guerra y de su producción de técnicas auxiliares para ese efecto; esto no significó que enfoques posteriores se despojasen de una visión neo-ilustracionista de la ciencia y del tipo de

despojasen de una visión neo-ilustracionista de la ciencia y del tipo de relación que ésta guarda con medios y sociedades industrializados. Durante los sesentas, la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) de los Estados Unidos y la Organización Económica de Cooperación para el Desarrollo (OECD), que agrupa a los principales países desarrollados, intentaron sistematizar las mediciones de la C&T y producir algunas normas estandarizadas. Los esfuerzos de la OECD cuajaron en el conocido Manuel de Frascati, varias veces revisado desde entonces sobre la base de la experiencias propias así como de lineamientos dados, entre otros, por la UNESCO; el establecimiento de registros sobre el "output" científico fue el resultado del interés particular de la NSF.

El Manual de Frascati fue concebido como referencia para los países miembros de la OECD para la recolección y comparación de estadísticas y la subsecuente definición de políticas comunes para dichos países. Por su claridad ha llegado a constituir la referencia básica de esfuerzos posteriores. Así, la UNESCO, en una escala más amplia pero en gran relación con el enfoque de la OECD, se preocupó desde la misma época por los problemas del levantamiento del inventario del potencial C&T, designación genérica bajo la cual ha desarrollado y publicado metodologías, manuales y guías dirigidos tanto a planificadores como a técnicos y encuestadores. Por último, a principios de los setentas, la OEA intentó ofrecer a la región una versión adaptada del inventario que, en alguna medida, se complementaba con otros esfuerzos metodológicos de esa organización para la planificación de la C&T.

En principio los tres métodos se circunscriben a la medición de los recursos destinados a I&D cuantificados en términos de dos variables (recursos humanos y financieros) pero se alejan entre sí en cuanto a la consideración de otras actividades C&T y en lo que toca a clasificaciones institucionales y funcionales, si bien es cierto las diferencias son poco significativas.

En este capítulo se repasan estos rasgos comunes haciendo hincapié en sus diferencias y se concluye con una revisión de la aplicabilidad del enfoque a países no industrializados, en particular los menos desarrollados.

A. AMBITO DE LA MEDICION

Aunque la C&T pueden ser concebidas como una entidad abstracta y pasiva a la cual se van adicionando elementos que no modifican su naturaleza, su interés social radica precisamente en el proceso que incluye

la generación de conocimientos y la forma en que los mismos se implantan en la sociedad. Esto es, interesan su naturaleza dinámica y su impacto hacia el exterior de la mera actividad de generación. Pero la medición de todo proceso es dificultosa y requiere recurrir a modelajes no sólo complicados sino con frecuencia poco relacionados con la realidad. Una alternativa es la posibilidad de equiparar insumos y productos del proceso en cuestión con el objeto de evaluar su eficiencia, por lo menos en tanto es posible (si es posible) construir un esquema teórico coherente del comportamiento del proceso. Aún así, el caso de la C&T requeriría adoptar dos supuestos adicionales: por un lado, que el proceso de generación queda virtualmente agotado en la I&D; por otro, que el producto de estas actividades no se modificará sustancialmente una vez generado y, por lo tanto, su destino final no afectará la medición inicial de eficiencia del proceso.

Obviamente, las complejas implicaciones de ambos supuestos no pueden ser asumidas con facilidad y, por ello, la medición de las actividades C&T no ha llegado a nada definitivo en la interacción insumo/producto. El resultado es que los métodos estándar se han circunscrito a la cuantificación de los insumos del proceso del I&D, concebidas éstas como las actividades C&T por excelencia. Tanto la OECD como la UNESCO han añadido actividades relacionadas o auxiliares cuando constituyen parte de las de I&D, pero solamente la OEA ha propuesto que la medición se extienda a aquéllas que los otros métodos o no sugerían como objeto de medición o no consideraban como actividades C&T propiamente tales. En lo básico, la definición de actividades de I&D y su subdivisión son comunes, aunque OEA propuso una alternativa que fue utilizada en algunos análisis y estudios de la época y que se refería, además de a una investigación básica, a otras que en función del objetivo podían destinarse al avance o a la mejora (lo que correspondería, en términos más modernos, a la clasificación de los tipos de innovación tecnológica). En el cuadro II-1 se ha pretendido resumir el ámbito de la medición de insumos propuesto por cada uno de los métodos que se comentan.

Algunos avances se han efectuado con miras a la medición de productos (aparte de que la NSF concentra sus estadísticas en estos aspectos), pero en general son de poca aplicabilidad para el medio latinoamericano o no se han beneficiado de la experiencia de la región. La OECD, en su última edición del Manuel de Frascati, destina un anexo al tema cuyas propuestas se comentan más adelante, conjuntamente con la experiencia del proyecto ICSOPRU de la UNESCO. Una medición indirecta puede derivarse de la clasificación en objetivos socioeconómicos de los esfuerzos de I&D; dichos objetivos constituyen, junto con las disciplinas científicas, una clasificación funcional común aunque diferente en cada

caso a los métodos convencionales, pero su aplicación es poco precisa, como no sea en la forma en que algunos países las han adaptado. Puesto que este tema no ha sido estandarizado se comenta más extensamente en el capítulo IV.

La aproximación del tipo proceso que conduce a la medición de insumos involucra un elemento adicional sobre el cual conviene detenerse: el de la unidad ejecutora de actividades de I&D. Aunque metodológicamente la definición está incorporada en las clasificaciones institucionales las diferentes modalidades de I&D propias de diferentes grupos de países, como se verá, afectan notablemente la medición de actividades C&T. Para la OECD, la delimitación de la "unidad investigada" queda a criterio de cada país considerando sus diferencias estrūcturales dentro de cada sector pero exigiendo homogeneidad en el mismo. UNESCO considera la existencia de instituciones que llevan a cabo actividades de C&T pero, para fines de medición, restringe la dimensión institucional a la unidad estadística básica, definida, por analogía con la CIIU, como un establecimiento con relativa autonomía, director propio, programa de trabajo, recursos financieros asignados, personal de planta y carácter estable. El concepto está, en este caso, plenamente identificado con el carácter de proceso asignado a las actividades de I&D y a su medición. La OEA conserva (ante todo porque el método no ha sido actualizado) la noción clásica de institutos de investigación y lo combina con el de unidad científica y técnica equivalente al de unidad estadística de manuales anteriores de la UNESCO. La adecuación de estas aproximaciones al caso latinoamericano es sumamente importante.

B. VARIABLES E INDICADORES

Los dos grandes grupos de variables utilizados para la medición de los recursos destinados a actividades de I&D son los recursos humanos y los recursos financieros. En algún momento en la evolución de las metodologías se consideró la posibilidad de extenderse a los recursos físicos y el método de OEA incorporó, en efecto, la medición de medios físicos y recursos institucionales. En el largo plazo, sin embargo, únicamente los dos primeros han sido consistentemente aplicados.

Las coberturas y subdivisiones de los recursos humanos difieren para cada método por lo que se describen por separado.

La definición de la OECD es la más funcional: el personal dedicado a I&D es aquél empleado directamente en la realización de dichas actividades así como en la prestación de servicios directos de gestión, administración y equipo de apoyo; estos últimos están sujetos a criterios

discretos, en tanto que los estudiantes de postgrado realizando investigaciones son considerados como personal de I&D. Dos tipos de clasificación del personal se sugieren. La primera se da en función de la ocupación del personal y se refiere a investigadores (científicos e ingenieros), personal técnico o equivalente (según se trate de personal auxiliar de científicos e ingenieros o de investigadores en humanidades y ciencias sociales) y personal de apoyo no calificado. La segunda depende de los niveles de calificación de la forma en que se dan en los países de la OECD: personal con grado universitario, con diplomas post-secundarios, con diplomas secundarios o con menor calificación; la referencia es una Clasificación Internacional Estandarizada de la Educación (ISCED).

El método de UNESCO restringe la variable personal científico y técnico a personas directamente activas en I&D, trabajando en una unidad C&T y generalmente remunerados. La subdivisión es una combinación de los criterios de función y calificación e incluye: científicos e ingenieros (investigadores y ayudantes de investigación, profesionales, con título o calificación equivalente, incluso quienes desempeñan funciones de administración de la I&D), técnicos (egresados de secundaria o estudiantes universitarios ejecutando actividades supervisadas incluidos quienes tienen experiencia compensatoria) y personal auxiliar (administrativo y logístico, obreros y otros).

La OEA, por último, fue poco explícita en la delimitación del personal científicof y tecnológico pero, consistente con su visión más extensa de las actividades C&T, lista: personal científico y tecnológico (¿profesionales y/o investigadores?), técnicos auxiliares, bibliotecarios y expertos en documentación, traductores, auxiliares administrativos y auxiliares no administrativos.

En conjunto, los tres métodos dejan traslulcir una división ternaria del personal de I&D que combina (o puede combinar) caracterización funcional y calificación con bastante flexibilidad, pero en la cual la primera tendería a prevalecer en función de las características del sistema educativo del país en cuestión.

La unidad de medida del personal es común a los tres métodos y trata de tomar en cuenta el tiempo real dedicado a I&D. La unidad equivalente de jornada completa (EJC) se define como el tiempo dedicado a actividades de I&D medido en términos de una persona que dedicase todo su tiempo hábil a las mismas. Con el objeto de ajustar los valores de sus indicadores a períodos uniformes de tiempo, la OECD sugiere la expresión en hombres-año, sobre todo cuando existan diferencias estacionales de la jornada de trabajo. La medición puntual, cuando ese no es el caso, es

igualmente válido y puede determinarse en función de las horas diarias dedicadas a I&D o las horas semanales. El criterio formal de cuantificación es el tiempo de trabajo contratado; sin embargo, ésta puede no ser una medida representativa y el tiempo real, evaluado subjetivamente, puede ser un sucedáneo. El interés en este ajuste cuantitativo procede del hecho de que, en general, los investigadores (idealmente concebidos) comparten sus actividades educativas con otras docentes o divulgativas pero en este caso, como en muchos otros, las condiciones de contexto son determinantes.

La medición de los recursos humanos destinados a I&D (y, en su caso, a otras actividades C&T) rinde estadísticas de interés para evaluar la calificación y orientación disciplinaria de investigadores y técnicos. Entre otros, el índice global ponderado de EJC da idea de la dispersión de los investigadores y los porcentajes de calificación y área de especialización pueden establecer alguna correlación con el sistema educativo y con prioridades socioeconómicas. Salvo por UNESCO, los métodos son poco explícitos en cuanto a la formación de estas estadísticas e indicadores. El número de investigadores y de técnicos por cada 100.000 habitantes y la relación entre técnicos e investigadores son indicadores utilizados en el Anuario Estadístico de ese organismo y sirven para comparación internacional. Un trabajo preliminar de UNESCO de 1982 proponía, como índices, el total de científicos, su distribución por especialidad de formación y cargo y su distribución por edad, sexo y nacionalidad; estas mediciones fueron incorporadas al Manual de 1984 pero es válido afirmar que la información puede proporcionar elementos más ricos como los anotados.

La cuantificación de los recursos financieros es, en comparación de la de los humanos, más uniforme y, a nivel formal, más clara. En todo caso, los tres métodos coinciden en su tratamiento y clasificación basada en principios contables en su tratamiento y clasificación basada en principios contables universales y presuponen la variable medible dada la posibilidad de aislar financieramente a las unidades ejecutoras (lo que, se verá, es precisamente un problema propio de países menos desarrollados).

Es también coherente con la aproximación (y las limitaciones) del esquema insumo/producto la agrupación fundamental de las variables a medir en origen o fuente de los fondos destinados a gastos en I&D y en sector de ejecución de los gastos (refiriéndose a la ubicación institucional de la unidad ejecutora); esto es, se mide con precisión el insumo pero, en defecto del producto, se cuantifica únicamente el tipo de gasto y el lugar en que ocurre. Las fuentes de fondos son pertinencia de las clasificaciones institucionales que se adopten; en la caracterización de los tipos de gasto,

sin embargo, algún principio de compensación de flujos es posible al dividir los gastos en intra y extramuros, es decir, en gastos destinados a la unidad ejecutora o en pagos a otras unidades.

Para OECD, el objeto de la cuantificación es la construcción de dos cifras agregadas: el gasto interno bruto en I&D (GERD), constituido por la suma de todos los gastos intramuros en I&D en un periodo dado, y el gasto nacional bruto en I&D (GNERD), que incluye todo el gasto en I&D financiado por instituciones del país en un período dado (esto es, incluyendo I&D realizados fuera del país). No se definen en otra parte indicadores adicionales, pero UNESCO utiliza, en sus estadísticas internacionales, el de relación del gasto total en I&D (entendiéndose como gasto intramuros) y el PIB del país en el mismo período. Obviamente, existen problemas de comparabilidad de las cifras, pero la limitada precisión en la determinación del gasto en I&D los hace poco relevantes; este no es el caso normal en la OECD cuyos miembros tienen una mayor tradición en la determinación del gasto y por lo que el Manual de Frascati incluye una metodología para deflatar las cifras.

Los gastos intramuros en I&D admiten una subdivisión en gastos corrientes (incluyendo de personal y varios) y de capital (incluyendo equipo y varios). Algunas convenciones se siguen para simplificar la medición, entre ellas la desconsideración de la depreciación. En la clasificación del origen de los fondos, una vez más, rigen las clasificaciones institucionales.

La agrupación de gastos según disciplinas, fines socioeconómicos y tipos de investigación está implícita en los métodos pero no se establecen orientaciones para la distribución ni se particulariza el tipo de indicadores o variables resultantes; en todo caso es previsible que los recursos destinados a I&D sean susceptibles de distribuirse según clasificaciones funcionales e institucionales tanto como resultado directo del censo como por elaboración posterior.

Otro tipo de recursos han sido sugeridos eventualmente como susceptibles de medición. La OECD señala, por ejemplo, las instalaciones para I&D pero no las incluye en la metodología y señala la escasez de experiencias en este sentido. OEA, por su parte, agrega el inventario de medios materiales y el de recursos institucionales. El primero ha sido ensayado en algunos países pero constituye más bien información que medición; el segundo es poco claro y se refiere, para la OEA, a la

estructura organizativa de la C&T de un país, siendo, por consiguiente, un aspecto cualitativo del tema. La medición de las unidades de I&D y de sus actividades no son parte de los métodos convencionales y se comentan en el siguiente capítulo.

C. CLASIFICACIONES INSTITUCIONALES Y FUNCIONALES

Con el objeto de hacer más rica la cuantificación de recursos, los métodos de medición establecen varias clasificaciones (en rigor, variables dependientes) que permiten desagregar las grandes variables de conformidad con el ámbito institucional en que los esfuerzos se realizan y una aproximación del destino último de los mismos. Según se trate de uno u otro caso, la OECD y, consecuentemente, la UNESCO, las llaman clasificaciones institucionales y funcionales respectivamente.

Las primeras están relacionadas con el ámbito institucional de la unidad ejecutora de actividades de I&D, independientemente de como ésta se haya definido. Los sectores de ejecución (UNESCO) o económicos (OECD, sin relación con el CIIU ni con los sectores de actividad de la economía clásica) están definidos en función de las actividades desarrolladas. Así, UNESCO identifica los sectores productivo, de enseñanza superior y de servicio general, mientras que la OECD abarca el sector empresarial o de negocios, el gubernamental, el privado no lucrativo, el de educación superior y el externo. Ambos son, claramente, un reflejo de un cierto enfoque del comportamiento institucional de la sociedad. En una desagregación de segundo grado, estos sectores aceptan subclasificaciones con la particular característica de que éstas se basan en las ramas económicas de la CIIU o en el nivel más agregado de la clasificación de las ciencias, según se trate de un sector u otro; esto es, los sectores productivos se subdividen de acuerdo a la rama de actividad económica y los centros privados no lucrativos, los centros de educación superior se ordenan según la disciplina científica de actividad. Más aún, ocurre incluso que la clasificación de las ciencias no se aplica similarmente en dos sectores o que, además de ramas económicas, se dan también objetivos socioeconómicos de actividad. Ambos manuales plantean las subclasificaciones explicitando poco (o no haciéndolo del todo) las razones para adoptar una u otra opción; si bien eso podría evidenciar una aproximación pragmática acorde a experiencias de aplicación, ello no se ha dejado claro.

Estas subclasificaciones constituyen, por sí mismas, el segundo tipo de clasificaciones, las funcionales. Un primer grupo ha sido visto ya en la sección A y corresponde a los tipos de investigación, en general básica, aplicada y desarrollo experimental las que, además, se acompañan en los tres métodos en cuestión con múltiples elementos de juicio para orientar la clasificación. OECD, en particular, reconoce la dificultad en la aplicación genérica de esa tipología tanto a ciencias naturales e ingenierías como a humanidades y ciencias sociales, en particular en lo que se refiere al desarrollo experimental.

Un segundo tipo de clasificaciones funcionales se refiere a los campos de producción (es decir, las ramas de actividad) que no difieren de las de la CIIU y que solamente se aplican en el caso de los sectores productivos. El tercer tipo corresponde a la clasificación de las ciencias las que, a su vez, son una versión agregada de clasificaciones estándar de las ciencias (siendo la de UNESCO la base de otras adaptaciones). La clasificación, a diferencia de las ramas de actividad, se refiere más al comportamiento de la I&D y se aplica con más facilidad a los sectores educativo y privado no lucrativo, según los manuales. Un último tipo, también ya mencionado, compete a los objetivos socioeconómicos de la I&D agrupados, con variantes de matiz en cuanto a algunos contenidos, en una lista de trece items que sintetizan sectores de interés de países como los de OECD pero de suficiente generalidad para incluir virtualmente todas las ramas de actividad económica y de servicios públicos y privados. Esta última está sugerida para identificar el destino de los esfuerzos de I&D en retrospectiva o, para el caso del relevamiento, consignar los campos de acción previstos de las unidades encuestadas.

Aunque, como se ha dicho, las clasificaciones funcionales no explicitan fundamentación responden a cierta racionalidad propia de los medios para los cuales se han pensado. La consecuencia más inmediata, fuera de esos medios, de tal falta de transparencia es una confusión en la aplicación de las clasificaciones funcionales que, para el momento en que se elaboró la metodología de OEA, no había sido superada. La práctica latinoamericana estableció una simplificación, respetando los tres primeros tipos de clasificaciones funcionales descritos y dando la pauta para una aplicación más genérica; como esto, de paso, significó la introducción de un nuevo insumo el tema será recuperado al inicio del próximo capítulo.

Las clasificaciones mismas, independientemente de su uso, han enfrentado también dificultades y cuestionamientos. La tendencia OECD y UNESCO ha sido la de ajustarse a clasificaciones de tipo internacional ya aceptadas y en uso, sobre todo, en países cuyos servicios de acopio estadístico están más desarrollados. En primeras experiencias en América Latina se tendió a utilizarlas pero en general se concluyó en agrupaciones más empíricas, a veces elaboradas ex post, y eventualmente conformadas según las propuestas de la OEA que, dado el momento que fueron formuladas, tampoco resultan satisfactorias. En términos generales, en el nivel agregado las categorías difieren poco pero el sesgo inducido por la tendencia a la normalización sigue siendo tema de discusión. Más aún, la misma rapidez de los cambios tecnológicos induce obsolescencia en clasificaciones rígidas, por lo que la estandarización se ve afectada incluso a nivel de países industrializados.

D. RECOLECCION Y PROCESAMIENTO

Los métodos de la OECD, la UNESCO y, parcialmente, la OEA son, básicamente, manuales indicativos para la recolección de datos relacionados con actividades de I&D y, por lo menos en el primer caso, van acompañados de prototipos de instructivos y boletas o cuestionarios de recolección. Los métodos de OECD y de OEA, en sus versiones vigentes, son en rigor, guías de diseño para esos instrumentos. En ese sentido, las orientaciones generales referentes a procedimientos de relevamiento, exploraciones piloto y formas alternativas de realización de las encuestas encajan en el marco convencional de la recolección de estadísticas por medio de censos y encuestas.

El procesamiento de la información es un tema no tocado, sino brevemente por la guía de UNESCO; en el caso de los países de la OECD la experiencia y capacidad de procesamiento de estadísticas hace superfluo un intento de ese tipo, por lo que el Manual se limita, por ejemplo, a formular la matriz de gastos brutos en I&D. Como se ha mencionado, en un momento dado UNESCO publicó un manual para el procesamiento de datos sobre C&T que, con los avances actuales en materia de procesamiento electrónico, ha perdido vigencia.

Las tres funciones conllevan, forzosamente, un problema institucional: el de la unidad nacional a la que compete la recolección, el procesamiento y el análisis de la información. OECD asume, sencillamente, la existencia de una agencia responsable, lo que es lógico a la luz de hasta 30 años de recolección de datos sobre I&D en los países miembros.

UNESCO plantea, adicionalmente, criterios genéricos, positivos, sobre las características, ubicación, jerarquía y funciones idóneas de un servicio de estadísticas de C&T, en general inscrito o muy vinculado al organismo nacional de política C&T. La competencia ejecutiva de este proceso y el monto de los recursos necesarios para el montaje de un servicio de este tipo en función con la óptica que de las actividades C&T tenga un país dado, constituye, sin embargo, uno (y no el menor) de los problemas reales con los que se enfrentan los países menos desarrollados al querer cuantificar sus esfuerzos en este terreno. En conclusión, todo converge en la profundidad de las diferencias entre países industrializados y pre-industriales o, más comúnmente, desarrollados y subdesarrollados.

E. ANALISIS Y UTILIDAD DE LOS DATOS

La utilidad primaria asignada a la medición de actividades C&T por los métodos analizados es la planificación científica o científica y tecnológica (esta última expresión más aplicada en América Latina donde ambos esfuerzos convergen en el sector público). Para el caso de la OECD, el interés original es ya histórico y data de fines de los cincuenta, cuando los países industrializados de occidente terminaban de superar la primera etapa de la postguerra y sus economías entraban nuevamente en expansión. La medición de la I&D era un interés de la planificación de estas actividades, tanto para el Estado como para la empresa y las instituciones educativas. En la medida en que esta demanda ha sido satisfecha, no sólo se ha establecido una tradición estadística sino se han ampliado sus perspectivas hacia la medición del proceso innovativo. Un ejemplo de la utilización de las estadísticas de la OECD como insumo para la toma de decisiones públicas y empresariales, son las evaluaciones periódicas encomendadas por la Comisión para Política C&T de dicho organismo para evaluar el comportamiento y las tendencias de los países miembros en relación con el cambio tecnológico global y las políticas económicas concomitantes. (El Nordfosk, organismo similar a la OECD, que abarca los países escandinavos y sigue un proceso similar, es otro ejemplo). Con este fin, las estadísticas nacionales son reprocesadas para ofrecer una visión comparativa, sobre todo en términos de gastos destinados a I&D según su relación con el PIB, origen del financiamiento, tipo de actividad, y objetivos socioeconómicos; en campos sociales o económicos de particular interés se hacen análisis específicos.

El estudio de esta información conduce a la evaluación de implicaciones políticas de las tendencias de la I&D así como a la elaboración de marcos de referencia concernientes tanto al rol de la I&D en los procesos económicos de los países como a las orientaciones mismas de la actividad de I&D. Para este fin, el método del Manual de Frascati se extiende sobre las agrupaciones posibles de los datos de recursos humanos y financieros sugiriendo la forma de integrar los grandes agregados nacionales para uno y otro caso.

El método UNESCO, en la medida en que coincide con el de la OECD, se comporta de la misma forma si bien, al interés de países industrializados con grandes flujos de recursos canalizados a I&D, añade el de países subdesarrollados en los cuales sería de interés el conocimiento de las propias limitaciones y deficiencias. Los usuarios principales, en todo caso, siguen siendo los planificadores de la ciencia (y la tecnología).

En lo general, los agregados nacionales sugeridos por la OECD se aplican también a los datos previstos por el método UNESCO, salvo por diferencias de matiz en las clasificaciones. En sus publicaciones estadísticas, UNESCO trata de presentar los datos referentes a los países miembros en grupos de tabulaciones que incluyen: recursos humanos C&T potenciales (es decir, personas con calificación o capacitación científica o técnica en el país); series históricas; personas dedicadas a I&D de acuerdo a varias clasificaciones; y enseñanza de tercer grado (postgrado). La guía correspondiente da indicaciones para el trabajo de ordenamiento pero el grado de agregación o especificidad queda implícito.

Cualquiera que sea el método de recolección, el tipo de análisis posible es, en primer término, una función directa del tipo de información de que se disponga. Esto no es, sin embargo, el único condicionante: el análisis debe contar con datos confiables y relevantes para los intereses de los usuarios. Supuesto que éstos se encuentren identificados de esa forma, que el canal de comunicación exista y que el análisis provoque una reacción, el método será coherente con las demandas del medio. Supuesto que el análisis guarde relación razonable con la realidad analizada, su utilidad se potencializará. Pero estas condiciones no son necesariamente predicables de los métodos convencionales cuando se trasladan a medios cuya experiencia no ha contribuido a conformarlos. Así, los beneficios del análisis de información concerniente a actividades de I&D recabadas y procesadas según los términos establecidos por OECD y UNESCO, pueden ser menores o mínimos al trasladarse a países pre-industriales, sea porque no correspondan a aspectos medulares de la problemática local (más

adquisición de conocimientos C&T que generación por la vía de la investigación), sea porque el grado de agración encubra asepctos peculiares de esa realidad (predominio de actividades diferentes a las de I&D pero fundamentales para el modelo nacional de C&T).

La apreciación es válida incluso en el sentido de estadísticas internacionales comparadas en las que contextos y diferencias estructurales de los países pueden invalidar la comparación. La proliferación de las llamadas actividades asociadas que en ciertos países se diferencian poco o nada de la I&D, el beneficio social o económico que puede reportar un proyecto de investigación, las diferencias cualitativas en la formación de profesionales que pueden implicar hasta la virtual inexistencia de científicos e ingenieros tal como se definen en países desarrollados, las condiciones físicas y humanas en que se realizan las actividades C&T, el empirismo explícito en la formación de investigadores, constituyen ejemplos de las diferencias que pueden afectar la comparabilidad de variables similares entre países con distintas características. Esto va más allá de un simple problema de comparación de estadísticas ya que, en rigor, los indicadores cobran vida a la luz de comparaciones cronológicas o internacionales. En esas condiciones los indicadores pueden ser altamente equívocos. Por ejemplo, un gasto en I&D equivalente al 0,2% del PIB puede tener diferente significado según se trate de un país de Europa occidental, de un gran país latinoamericano o de un país de la cuenca del Caribe. En un caso puede tratarse de un monto moderado pero de alto impacto económico; en otro puede indicar un elevado costo burocrático implícito; y, en el último, puede ser resultado de un sobredimensionamiento ocasionado por la medición inadecuada de actividades que, además, pueden estar ocurriendo al margen de todo proceso económico o social. La comparación, por lo tanto, sólo es válida a la luz de un análisis que califique adecuadamente el contenido de los indicadores, circunscriba sus aspectos metodológicos y sea producto de una selección de variables que evidencien fielmente las características de cada realidad considerada. Una prueba de la heterogeneidad inevitable derivada de la aplicación de conceptos y categorías cerrados está dada por la abundancia de anotaciones y salvedades con que UNESCO debe equipar sus estadísticas. La heterogeneidad es, por sí misma, manifestación de un fenómeno de internacionalización de las actividades de C&T.

En todo caso, sea con fines de planificación a nivel nacional o para efectos de comparación internacional (que puede ser, a su vez, una referencia de características internas del país) debe quedar clara la correlación entre análisis y su utilidad y la mutua dependencia entre las necesidades de análisis y las variables a cuantificar y entre las limitaciones de los datos y el alcance del análisis.

Los rasgos de contexto que afectan este análisis son objeto del capítulo final.

F. APLICABILIDAD DE LOS METODOS CONVENCIONALES DE MEDICION DE LAS ACTIVIDADES C&T EN LOS PAISES DE AMERICA LATINA

Aunque hasta aquí se ha hecho un esfuerzo por presentar de manera comparativa los principales rasgos que determinan los métodos de medición de la C&T difundidos en América Latina, conviene establecer retrospectivamente las condiciones de contexto que les dieron origen y condicionan, sino del todo su contenido, sí los principales aspectos de sus enfoques. Así en su orden, los métodos OECD, UNESCO y OEA corresponden respectivamente a:

i) Países industrializados, con alto grado de desarrollo y experiencia, no sólo en términos de sus actividades C&T, sino de la recolección permanente de datos sobre su desenvolvimiento;

ii) Un organismo de representación universal que, no obstante, se ha beneficiado de las experiencias de países avanzados y enfatiza el desarrollo de las ciencias en un sentido cultural amplio pero tradicional; y

iii) Un organismo regional cuyo intento de adaptar las metodologías preexistentes se fundamentó en la discusión de expertos y únicamente en una experiencia nacional previa, y sólo más recientemente ha reanudado la discusión entre expertos.

Así, el enfoque que prevalece sigue siendo el del primer caso cuya carta empírica, si bien corresponde a una realidad determinada no es aplicable a realidades fundamentalmente diversas como es el caso de América Latina. Esto es particularmente notorio si se analizan los principales problemas que para la región han planteado, en la práctica, los métodos convencionales y que reflejan aspectos que atañen a la percepción de estructuras institucionales, las funciones sociales, la dotación de recursos y el nivel de la problemática socioeconómica. Aquí nos concentramos únicamente en algunos, los más evidentes, de estos problemas, a saber:

i) La no integración de las actividades C&T a las actividades socioeconómicas de los países, de modo que la I&D que está relacionada con la producción y con los problemas sociales y no constituye una etapa para el cambio tecnológico; en todo caso, la innovación procede por otras vías;

esto es, el ámbito de medición de las actividades C&T se modifica y son las actividades llamadas relacionadas las que constituyen el grueso de las ejecutadas en el país. (Visto de otro modo: existe una división internacional en la ejecución de actividades C&T).

ii) La estructura institucional de las actividades de C&T, cuya responsabilidad cae en manos del sector público en cuyo seno se realizan mayoritariamente bajo una figura más amorfa que la unidad de I&D administrativa y financieramente independiente de los métodos convencionales; esto hace poco práctica la aplicación de las categorías institucionales por sector económico y dificulta la medición de recursos financieros, toda vez que los ejecutores de actividades C&T son difíciles de identificar y aislar.

iii) Las limitaciones de los sistemas de enseñanza superior, que no han sufrido transformaciones que los asocien a la actividad productiva, restringiéndose las demandas de formación de investigadores y, en general, las presiones sociales para la calificación profesional; entre otras cosas, esto implica una oferta de investigadores con pesos diferentes a los de países industrializados en términos de disciplinas y campos de aplicación, así como un nivel de especialización más bajo y muchas veces desactualizado en relación con las divisiones disciplinarias internacionales; en consecuencia, tanto la caracterización de recursos humanos como las disciplinas de formación no corresponden con las propuestas de medición de la C&T analizadas.

iv) Condiciones de precariedad económica que, asociadas al peso del gasto público en el desempeño de actividades C&T, imponen prioridades socioeconómicas sobre el imperativo de un desarrollo C&T indiscriminado o más libre; esto exige, en la medición de las actividades C&T, la categorización de esfuerzos en términos de ramas económicas y sociales de aplicación probable y de disciplinas C&T asociadas en las que el desarrollo de una masa crítica de especialistas pueda ser necesaria; además de conducir a la invalidez de las clasificaciones funcionales descritas, este aspecto lleva al tema del capítulo final.

v) Finalmente, las deficiencias infraestructurales y de recursos para llevar a cabo todo el proceso de medición (recolección, procesamiento, análisis) de los esfuerzos C&T nacionales, lo que, sumado al hecho ya evidente de que la metodología debe ser totalmente revisada cuando no rediseñada, pone de manifiesto que los costos de operación serán sumamente elevados y, por consiguiente,

más difíciles de justificar si deben provenir de presupuestos públicos o cooperación internacional avalada, en todo caso, por el sector público.

Las limitaciones anotadas, sin embargo, no descartan la utilidad de los métodos convencionales, sobre todo si se hacen pasar, como es con frecuencia el caso, por un proceso de adaptación de modo que las necesidades de información para la toma de decisiones internas se sobrepongan a los requerimientos de comparabilidad internacional. En todo caso, se trata de subrayar la inevitabilidad de esa adaptación pero, sobre todo, la importancia de reconsiderar nuestra percepción de los rasgos reales de los fenómenos bajo estudio antes de adoptar una metodología dada. En breve, para el caso latinoamericano, es imprescindible tener en mente las diferencias en los procesos históricos de conformación de las capacidades C&T locales, la funcionalidad de la C&T en el aparato productivo y en la composición social locales y las fronteras impuestas por todas las condicionantes estructurales y coyunturales del país. El siguiente capítulo toca, desde ese punto de vista, algunos de los aportes de la experiencia regional a los métodos de medición de las actividades C&T.

IV. MEDICIONES NO ESTANDARIZADAS

El interés por superar la restricción de la medición de actividades C&T a la cuantificación de insumos para las actividades de I&D es común a países industrializados y pre-industrializados aunque obedece a distintas motivaciones. En el primer caso se trata de una combinación de mayor construcción teórica sobre los procesos de I&D e innovación adicionada a un creciente volumen de recursos públicos y privados destinados a ese tipo de actividades. En el segundo caso es la manifestación de la conciencia de que las condiciones de uno y otro tipo de países son diferentes y, por consiguiente, no sólo los criterios de medición difieren sino el énfasis con que deben ser considerados elementos específicos del tema.

Sea como resultado de la elaboración teórica o de la experiencia adaptativa de países como los latinoamericanos, existen diversas formas de medición que, si no se han divulgado o uniformizado, dan por lo menos idea de las posibilidades metodológicas no cubiertas.

Se afectan, en este sentido, no sólo aspectos adicionales relativos a insumos de I&D, sino a la medición de la ejecución y de los resultados de las actividades C&T. La agrupación es arbitraria y sigue un esquema simplificado basado en la noción de un proceso C&T que requiere insumos y genera productos.

Según el momento en que la medición ocurra, los resultados serán de diversa índole; la correlación entre las mediciones efectuadas en un momento u otro, sin embargo, presenta tantos o mayores problemas que la definición de las variables medibles (véase el gráfico IV-1). Este capítulo intenta hacer una revisión panorámica de las principales variantes divulgadas sobre la medición de las actividades C&T al margen de los métodos convencionales del capítulo precedente.

A. OTROS INSUMOS

La preocupación por la identificación de otro tipo de recursos diferentes de los humanos y los financieros (y, ocasionalmente, los físicos) no es propia de países industrializados donde estas variables bastan para fines de medición y control como sucedáneas de una más cercana a la de productividad. En América Latina, sin embargo, ciertas aproximaciones teóricas en cuya divulgación participó la OEA, permitieron la eventual consideración de un tipo de insumo basado en el principio de que el sistema C&T de un país se caracteriza por flujos de conocimientos. El conocimiento C&T no es una variable por sí misma cuantificable (esto es, no puede ser expresada, por ejemplo, en "unidades de conocimiento" y si alguna ponderación es factible ha estado lejos de ensayarse); con el auxilio de las clasificaciones de las ciencias, sin embargo, puede estimarse en términos de recursos o de volumen de actividades la relevancia de determinadas disciplinas con respecto a la ejecución de actividades de I&D. La utilidad del dato puede parecer superficial en países cuya infraestructura de I&D es amplia, diversa y usualmente data de tiempo atrás, pero es de utilidad para países que necesitan información para reorientar sus sistemas educativos, particularmente el nivel superior, y las áreas prioritarias de formación en el exterior. Adicionalmente, la aplicación de clasificaciones internacionales de las ciencias como las planteadas por los métodos convencionales puede no ser la más indicada a la ejecución real de actividades C&T ni a la estructura del sistema de educación superior del país, como ya se ha comentado antes.

Salvo por este caso, la consideración de otros insumos parece no haberse dado y, en principio, la ampliación del ámbito de medición más allá de la I&D no afectaría las variables medibles convencionales (los recursos).

B. EL PRODUCTO

La preocupación por medir el producto de las actividades C&T o, más específicamente, de I&D está vinculada a la racionalidad que plantean dichas actividades en términos de un proceso equivalente al productivo.

Existe una gran dificultad, sin embargo, en el hecho de que las actividades C&T se comportan como los servicios, es decir, no generan productos tangibles y éstos no son fácilmente concretizables. Para fines públicos la medición de la inversión puede satisfacer contablemente; en la medida en que ésta se incremente las demandas por algún tipo de control de eficiencia o productividad serán necesarias, como de hecho lo son en el contexto de las grandes empresas para las cuales la I&D constituyen una etapa integrada del proceso innovativo. La importancia estratégica e informativa del nivel C&T de un país dado o de ramas particulares de las ciencias y las tecnologías, constituyen otra demanda de medición de productos.

La intangibilidad del producto C&T que, en definitiva, comporta también conocimiento ha intentado suplirse de diversas formas. La NSF, el Estudio Comparativo Internacional sobre la Organización y Ejecución de las Unidades de Investigación (ICSOPRU) auspiciado por UNESCO, y otras fuentes coinciden en medir el producto de la I&D en el momento en que éste sale de la unidad; la unidad básica de medida es la publicación de los resultados bajo distintas formas y el uso (difusión y citación por otros científicos, por ejemplo) que se les dé a nivel de comunidades científicas. Este tipo de cuantificadores, sin embargo, se encuentra atado a una característica propia de países con larga tradición científica e investigativa, analfabetismo plenamente superado y, sobre todo, gran capacidad editorial instalada, lo que obviamente no es el caso de países como la mayoría de los latinoamericanos. Así, en la comparación de indicadores internacionales la región aparece representada por una fracción mínima de aportes a un acervo científico mundial que también tiene un grado de utilidad bajo para las necesidades de planificación de nuestros países.

Incluso en aquellos países en donde la medida es fácilmente aplicable no se concilia del todo la aproximación individualista de la I&D, propia del siglo pasado, y la más moderna noción corporativa de esas actividades. En el caso de las comparaciones internacionales, además, se induce un gran sesgo según el país que recolecte la información.

Otra medición de producto está vinculada al patentamiento o, en términos más amplios propuestos por la OECD, a la medición de la innovación tanto en el sentido de número de innovaciones como de su costo. El patentamiento, sin embargo, además de ser un fenómeno también vinculado por sus patrones legales al individualismo positivista, tiene connotaciones que van más allá de la C&T e incluso tiende a perder vigencia en determinados campos científicos o industriales en los que la apropiación del conocimiento puede efectuarse por vías más expeditas.

Es oportuno mencionar, además, que las patentes se inscriben en un fenómeno de sobra analizado y reseñado en América Latina y que, aunque ha recibido variadas denominaciones, se refiere a la comercialización de conocimientos tecnológicos. La medición de productos se ve particularmente afectada por una visión aún infantil de los procesos de generación y utilización de conocimientos C&T en la cual todos los países producen y consumen y, virtualmente, producen lo que consumen y viceversa. El estudio de las características del subdesarrollo de países como los latinoamericanos conlleva al reconocimiento de que existe también una división internacional de las actividades C&T y que, en la misma, existirán países que se comporten como "importadores netos".

Esto implica que la medición de productos de I&D como se puedan plantear en términos de publicación de resultados o de patentamiento no corresponden con la realidad estos países. Un desarrollo teórico en torno; al proceso innovativo, que superara la limitación de la innovación dentro de la empresa, debiera conducir a una mejor apreciación de dicha división internacional de actividades.

Estadísticas de patentamiento, licenciamiento privado y compras estatales han constituido parte de las investigaciones sobre la situación de la C&T en los países de la región; aunque no se trata de estadísticas del producto de las actividades de C&T, no se recolectan censalmente y muchas veces se elaboran sobre la base de información previa, estos datos ameritan un rescate en términos metodológicos y una revalidación como estadísticas e indicadores que reflejan más fielmente que las que se refieren a I&D las características de estos países. Sobre este tema se volverá en el capítulo final.

En lo que se refiere a la medición de productos de las actividades de I&D, finalmente, sólo resta añadir la utilización de otra noción intuitiva, derivada de los métodos OECD y UNESCO, pero más claramente aplicada en algunas experiencias latinoamericanas: la de la aplicación probable de las actividades de I&D que, si no mide productos en sentido estricto permite una cuantificación de la potencialidad de los recursos en términos de ramas económicas, disciplinas científicas y áreas sociales que constituye contraparte de la medición de los conocimientos como insumo. Una evaluación de este tipo es resultado, una vez más, de características propias de países cuya totalidad de esfuerzos en I&D provienen del erario público y que enfrentan necesidades apremiantes en terrenos más concretos que el de la investigación.

C. EJECUCION Y EFICIENCIA

La virtual incompatibilidad entre las concretas mediciones de insumos y las más difusas y poco estandarizadas de productos evita una medición de eficiencia de las actividades C&T concebida como relación insumo/producto o costo/beneficio. Aunque aún no se ha visualizado de esa forma, algunas líneas de la OECD parecerían indicar que, por lo menos para el caso de países industrializados, la medición de la eficiencia sólo puede efectuarse en el contexto más amplio del proceso innovativo del cual las actividades de I&D solamente son la primera etapa. Algunos trabajos elaborados por otras instituciones en las que incluso se intenta generalizar métodos para países miembros del CAME, apuntan también en ese sentido y es de esperar que un mayor desarrollo en el campo de la economía de la innovación solventará los problemas derivados de circunscribir la medida de las actividades de C&T a la I&D.

Indicadores relacionados con la ejecución de actividades C&T, no obstante, se han estudiado. En algunos casos, las nociones de impacto y de evaluación social de la tecnología han sido consideradas y OECD ha llevado a cabo estudios en ese sentido. El ICSOPRU, por su parte, recurrió a ponderaciones subjetivas para prorratear algunos índices pertinentes al comportamiento de las unidades de investigación (la "peformance") e incluso diseñó un índice compuesto sobre la base de siete variables que intentan medir la eficiencia de diversas funciones sociales, educativas y cognoscitivas de las unidades. Existe una gran reticencia, de la que participa sobre todo la llamada comunidad científica y que está arraigada en una visión positivista de la ciencia, a ir más allá so pena de incurrir en el impensable cuestionamiento de la utilidad de las actividades C&T.

Una vez más, algunos países latinoamericanos han recurrido a mediciones poco ortodoxas pero que se fundamentan en la forma particular en que las actividades C&T ocurren en esos países. El hecho de que las actividades C&T en países subdesarrollados no afines a la tradición anglosajona se lleven a cabo en medios institucionales diferentes al instituto o centro de investigación, bajo presupuestación directa pero no diferenciada del sector público y con frecuente dependencia de la cooperación internacional, ha permitido la identificación de una unidad de medida más específica adoptada por la OEA: el proyecto de investigación por sí mismo y no necesariamente como parte de un programa más amplio o de un área de trabajo de un centro especializado.

El proyecto de investigación, con respecto al cual es posible estimar recursos insumidos, conocimientos requeridos, aplicación probable y otros elementos, constituye, en algún grado, una variable indicativa del comportamiento de los llamados sistemas de generación o de I&D de estos países y ha sido aplicado con éxito aceptable en países grandes y pequeños y repetidamente.

D. PROBLEMAS Y POSIBILIDADES

La necesidad de medir las actividades más allá de los recursos destinados a I&D, procede de la gran cantidad de recursos consagrados a ese fin o de la precariedad del país en función de sus problemas socioeconómicos, constituye la principal motivación para la formulación y ensayo de indicadores y métodos no convencionales para determinar y evaluar el comportamiento y los beneficios de la C&T. En el caso latinoamericano, las experiencias han estado dispersas en el tiempo y sólo en algunos países se han consolidado y constituido sistemas (o servicios) estadísticos regulares y continuados. Los requerimientos de la generación de estadísticas de ámbito mundial condicionan la recolección de datos en estos países y, en alguna medida, inducen la adopción de elementos propios de las metodologías convencionales. Para fines internos, sin embargo, parece válido afirmar que las metodologías prevalecientes deben más a las condiciones locales de la C&T que a esos métodos y, pese a su heterodoxia, van ajustándose con el tiempo a un sentido de utilidad nacional. Las divergencias de los países, incluso dentro del grado de relativa similitud de la región, relativizan esta afirmación.

Es difícil, sin embargo, que los países de menor desarrollo de la región encuentren muy aplicables o, al menos, eficientemente utilizables los métodos convencionales; el emprendimiento de nuevas experiencias de medición debe basarse ampliamente en el estudio analógico de otras experiencias regionales. Ciertamente, la adopción de métodos demasiado particulares puede inducir problemas en el mediano plazo. Por un lado, no es posible asumir condiciones estáticas ni suponer que las actuales no se modifiquen requiriendo, en consecuencia, la modificación metodológica. Por el otro, la elaboración de metodologías nacionales significa con frecuencia costos elevados en tanto que la capacidad institucional de los países no permite, con frecuencia, la sistematización y la periodicidad razonable del acopio de información estadística; los inventarios, aún sin mayores esfuerzos metodológicos propios, suelen ejecutarse con demasiado espaciamiento en el tiempo y bajo la tutela de instituciones a veces muy diversas entre una y otra medición; esto significa, adicionalmente, un proceso de adaptación para la constitución de algunas series mínimas con sentido temporal.

Esto exige, de alguna forma, la utilización de mecanismos que superen limitaciones nacionales sin que se den demasiadas desviaciones de las características comunes de la C&T en los países o se sacrifiquen aspectos nacionales de peso en el nombre de aspectos comunes. El punto de partida de este acondicionamiento de mediciones no convencionales a un marco regional debe iniciarse por la revisión de la funcionalidad de las actividades C&T en nuestro medio.

V. FUNCIONALIDAD DE LAS ESTADISTICAS E INDICADORES DE C&T EN AMERICA LATINA: CONCLUSIONES

La medición de un fenómeno debe estar precedida por la delimitación siquiera preliminar de su ubicación en un contexto dado, de modo que la medición sea una vía para su mejor comprensión, manejo y eventual utilización. En la discusión de metodologías para la medición de actividades C&T se ha trabajado bajo el supuesto implícito de que la funcionalidad de la C&T ha sido determinada y que su instrumentación probable queda más o menos clara. Las dificultades inherentes a los métodos que hemos llamado convencionales son producto, precisamente, de que los supuestos que condicionan la medida no son universalmente válidos; en otras palabras, las actividades de C&T no son conceptualizadas ni operan siguiendo el mismo patrón en todos los medios y la función social de la C&T depende de condicionantes muy diferentes de un contexto a otro. No se trata solamente de un problema de métodos, sino del tipo de mediciones necesarias y de su utilidad real.

En América Latina el rol de la C&T y de su relación con el exterior ha sido abordado desde distintos ángulos. Se trata, en general, de naciones cuyas estructuras sociales y económicas estuvieron determinadas por procesos internos diferentes a los de países actualmente industrializados, aunque los mismos fueron consistentes con una distribución internacional de funciones económicas para la cual se imponían distintas dinámicas de cambio tecnológico. Si se quiere, la revolución científica de las metrópolis europeas fue posible en gran parte gracias a los excedentes generados por las colonias hispanoamericanas, pero marginó a éstas de una participación activa en el proceso de desarrollo cognoscitivo; la perpetuación del esquema, aplicada o transferida de la función de metrópoli al ámbito angloamericano, ocurrió durante los procesos de industrialización que se dieron en el siglo pasado y culminaron a mediados del presente con una casi definitiva distribución internacional de capacidades tecnológicas tales que, en su mayoría, los países latinoamericanos resultaban detectores de tecnologías agrícolas estáticas y consumidores e importadores netos de conocimientos.

Enfoques dependentistas o desarrollistas (la denominación es una función del optimismo del comentador) gestados en el contexto de la guerra fría y el apogeo hemisférico de la cooperación técnica y financiera internacional, impulsaron en algunos países políticas de sustitución de importaciones y ampliación de mercados regionales que respondían a una noción de inequidad tecnológica en principio superable pero para lo cual no se formularon ni desarrollaron medidas o políticas efectivamente instrumentables relacionadas con la reducción o inversión de las desventajas locales, en términos de C&T. Esto es, la importancia de la C&T fue un lugar común, una consecuencia virtual, un resultado indirecto y hasta un aspecto misionístico de la sociedad más que una entidad concreta activa en los procesos sociales y económicos. Sólo los países llamados de mayor desarrollo relativo, una vez contaron con un acopio de recursos significativos en sus esfuerzos de industrialización, emprendieron el manejo estratégico de la C&T en la perspectiva de una dinámica de crecimiento económico no poco frecuentemente concomitante con un alto costo social. Esto implica una división regional en la que campean países con distintos "grados" de desarrollo y en la cual es inevitable la generación de esquemas de dependencia satélite aún inexplorados cuyas consecuencias sobre países de menor desarrollo son una incógnita de la cual dependerán las aproximaciones al fenómeno C&T en esos países.

Las actividades de planificación C&T a nivel nacional en América Latina se iniciaron, en su mayoría, en el contexto de los modelos de industrialización y contaron con gran apoyo de la cooperación internacional. Las estructuras institucionales adoptadas para el efecto tuvieron variantes pero oscilaron alrededor de una visión en la que alternaron la promoción de la capacidad local y la reducción de la dependencia con el exterior (regulación de la transferencia de tecnología, siguiendo enfoques originales de la UNCTAD) que derivaban más de una analogía con el modelo de sustitución de importaciones que de un desarrollo más pragmático y propio de la C&T. Consecuentemente, la medición de actividades de C&T (sobre todo I&D) se hizo encajar en esquemas de planificación C&T en cierto grado heteróclitos en los que convergían intentos de priorización de áreas/disciplinas de interés nacional, identificación de requerimientos C&T derivados de objetivos nacionales de desarrollo, regulación del proceso de apropiación de conocimientos tecnológicos (patentes, contratos), promoción de servicios como los documentales y de referencias, orientación de la enseñanza superior y la formación de postgrado y canalización de la cooperación técnica.

Cerca de dos décadas de desenvolvimiento en estos aspectos, además del conjunto de fenómenos agrupados en la abstracción de crisis (que con frecuencia evade el saturamiento de la problemática estructural de un país) y las transformaciones en los procesos políticos de los países que inducen, a su vez, cambios en la orientación de la política económica y social, bastan para justificar una revisión de las posibilidades de acción de la planificación C&T en América Latina. Las pautas para la medición de las actividades C&T son consecuencia de ese análisis. En ese sentido, la experiencia y los métodos preexistentes, convencionales o no, deben constituir referencia e insumo sin condicionar la adecuación de los métodos finales.

La necesidad de estadísticas e indicadores de C&T será más acusada y específica en países que hayan logrado una mayor concentración de esfuerzos (recursos) en determinados objetivos C&T y que cuente con una infraestructura de I&D más integrada y/o asociada aprocesos de industrialización autóctonos. Países física y económicamente más pequeños se encuentran en situación, no sólo de mayor precariedad sino de más dispersión y menor eficiencia de sus actividades C&T. La utilidad de estadísticas en este caso es función de intenciones políticas expresas y tiende a minimizarse en razón directa. El sector empresarial privado de estos países tiende a responder a lógicas que resultan más rentables en horizontes limitados y mediatos, diferentes a las de la innovación tecnológica; en áreas no conducentes a la innovación en sectores económicos, la necesidad de datos y estadísticas puede expresarse en formas menos transparentes; las investigaciones sociales suelen estar más difundidas pero son más vulnerables a factores políticos, mientras que las ciencias básicas sólo se trabajan a niveles académicos poco innovativos incluso a título docente; eventualmente se registran centros integrados formal o informalmente a esfuerzos o actividades de la comunidad científica internacional pero con relevancia relativa para el país sede. La investigación agrícola en la región es un caso particular; por la naturaleza del objeto tiende a ser no transferible de un ambiente a otro, por lo menos en las etapas de desarrollo experimental, por lo que el patrón institucional ha tendido a repetirse más que a complementarse; la investigación agrícola se da atada a un esquema de extensión cuyo impacto, a lo largo de muchos años de aplicación aún no es claro y se ve afectado seriamente por los avances de las nuevas tecnologías en los países de mayor desarrollo. También las actividades C&T asociadas, llamadas similarmente servicios conexos, desempeñan un rol especial en los países más pequeños ya que, debido a su poco desarrollo, a la necesidad de introducir y adaptar metodologías y al hecho de constituir con frecuencia actividades de mayor interés y dimensión, captan un porcentaje elevado de los recursos del país destinados a C&T; por otro lado, algunos

de estos servicios impulsados por el sector público han tenido dificultades en términos de difusión y aprovechamiento real. Estas anotaciones enfatizan el hecho de que los usuarios (o públicos) de las informaciones C&T pueden diferir en comparación con los requerimientos ordinarios de estadísticas incluso de país a país, y dan idea de que los planificadores de la C&T en la región se encuentran, no sólo ante contextos diversos, sino ante una problemática cuya principal dificultad radica en la fragmentación.

En el montaje de sistemas o servicios de estadísticas de C&T, los países de mayor desarrollo relativo pueden beneficiarse mejor de los métodos convencionales discutidos con anterioridad. Con todo, enfrentan problemas de medición que se refieren a la necesidad de superar el enfoque centrado en la I&D para obtener una mejor evaluación y control de los esfuerzos públicos orientados al desarrollo de la C&T. El avance en este sentido ha sido hasta la fecha modesto. Aunque el sostenimiento de un sistema estadístico es un gran éxito, en la configuración de nuevas guías o listas de variables e indicadores C&T objeto de acopio estadístico, aún priva una racionalidad basada en la cantidad de información a recabar y no en los requerimientos de la investigación socioeconómica de la C&T y de las actividades de planificación C&T.

En el desarrollo de métodos latinoamericanos propios son previsibles dos etapas. En la primera se requiere la configuración de paradigmas nacionales que reflejen, con suficiente fidelidad, los rasgos y elementos propios del comportamiento y lugar de las actividades C&T locales y sus interacciones con el medio y el exterior. Unicamente sobre la base de un esfuerzo de síntesis de ese tipo, viable a la luz de estudios existentes, es posible perfilar la información potencialmente aprovechable y adecuarse a las demandas del planificador y del investigador pero, sobre todo, a la necesidad de constituir un flujo de información que permita la adopción de decisiones de política social y económica atinentes a la C&T y a su interacción con otras variables de la sociedad.

Una segunda etapa sería la integración, partiendo del principio de que toda normalización debe ser consecuencia y no prerrequisito de las experiencias nacionales; métodos tipo, definición de variables e indicadores de comparabilidad internacional deben resultar de esta segunda etapa. En todo caso, la previsible diversidad de los componentes del fenómeno C&T en un país dado, debe advertir sobre los riesgos de una homogenización artificial; esto es, distintas fases del fenómeno pueden requerir distintas metodologías, agregaciones, periodicidad, etapas de recolección y hasta agentes recolectores y procesadores de la información.

Los métodos convencionales constituyen una referencia básica. En la medida en que una división internacional de las actividades C&T se evidencia, actividades diferentes a las de I&D pueden requerir énfasis diferencial. Profundizar en las características del proceso innovativo en los sectores productivos de los países de la región es una premisa indispensable para abordar la medición del cambio tecnológico y, en general, del rol de la C&T en las sociedades bajo estudio. Una visión de este tipo, aunque parcialmente implícita en los estudios sobre transferencia de tecnología foránea a países en desarrollo, queda por precisar. Incluso las actividades de I&D deben particularizarse mejor a fin de aislar actividades investigativas no necesariamente coincidentes con la taxonomía convencional pero de gran peso en nuestros países; la unidad de investigación es un concepto que debe dimensionarse con cuidado; las posibilidades y problemas derivados de incluir el proyecto de investigación como variable medible deben ser consideradas seriamente.

Las metodologías nacionales son, por consiguiente, el enfoque más pragmático en un momento en que la acumulación de experiencias y construcciones teóricas para la región es limitada. Además de los métodos convencionales, el análisis comparado de metodologías generadas por otros países de la región, aunque aún escasamente difundidas, constituyen fuente de criterios para nuevos ejercicios y experiencias. La metodología regional, tendrá que ser un producto de este proceso.

BIBLIOGRAFIA BASICA

ANDREWS, Frank M. (ed.) (1979), Scientific Productivity - The efectiveness of research groups in six countries (Cambridge, U.P. England, 469 p);

FREEMAN, Christopher (1970), La medición del 'output' de investigación y desarrollo experimental; en C. Freeman (1974), La teoría económica de la innovación industrial (Alianza España, 1976, pp. 333-387);

GAMBA, Juan Carlos (1972), Compilación de datos científico-tecnológicos en América Latina (OEA, Washington, 72 p.);

JOHNSTONE, James (1981), Indicators of education systems (Kogan Page, England, 317 p.);

OEA (1985), Informe final del Taller sobre indicadores de estudios de la ciencia y la tecnología (OEA, Washington, p.);

OECD (1981), The measurement of scientific and technical activities - "Frascati Manual" (1980) (OECD, France, 186 p.);

UNESCO (1970), Manual del inventario del potencial científico nacional (UNESCO, París, 227 p.);

UNESCO (1982), Inventario del potencial científico y tecnológico nacional: Guía para los encuestadores (UNESCO, París, 55 p.);

UNESCO (1984), Guía de las estadísticas relativas a la ciencia y la tecnología (UNESCO, París, 137 p.);

UNESCO (1985), Estadísticas sobre el personal científico y técnico y gastos para la investigación y el desarrollo experimental en América Latina y el Caribe (UNESCO, París, 119 p.);

VELHO, Léa (1985), Cómo medir a ciencia (Revista Brasileira de Tecnologia, Brasil, v.16 (1), jan/feb. 1985, pp. 35-41);

WILLIAMS, Hugo (1972), Inventario científico-tecnológico nacional: marco general y definiciones (OEA, Washington, 64 p.).

ANEXOS

COMPARACION DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE LOS METODOS DE UNESCO, OECD Y OEA

A. Actividades científicas y tecnológicas

B. Recursos

C. Clasificaciones

   a. UNESCO

   b. OECD

   c. OEA

D. Principales tabulaciones e indicadores

   a. UNESCO

   b. OECD

E. OECD: La medición del producto de investigación y desarrollo (I&D)

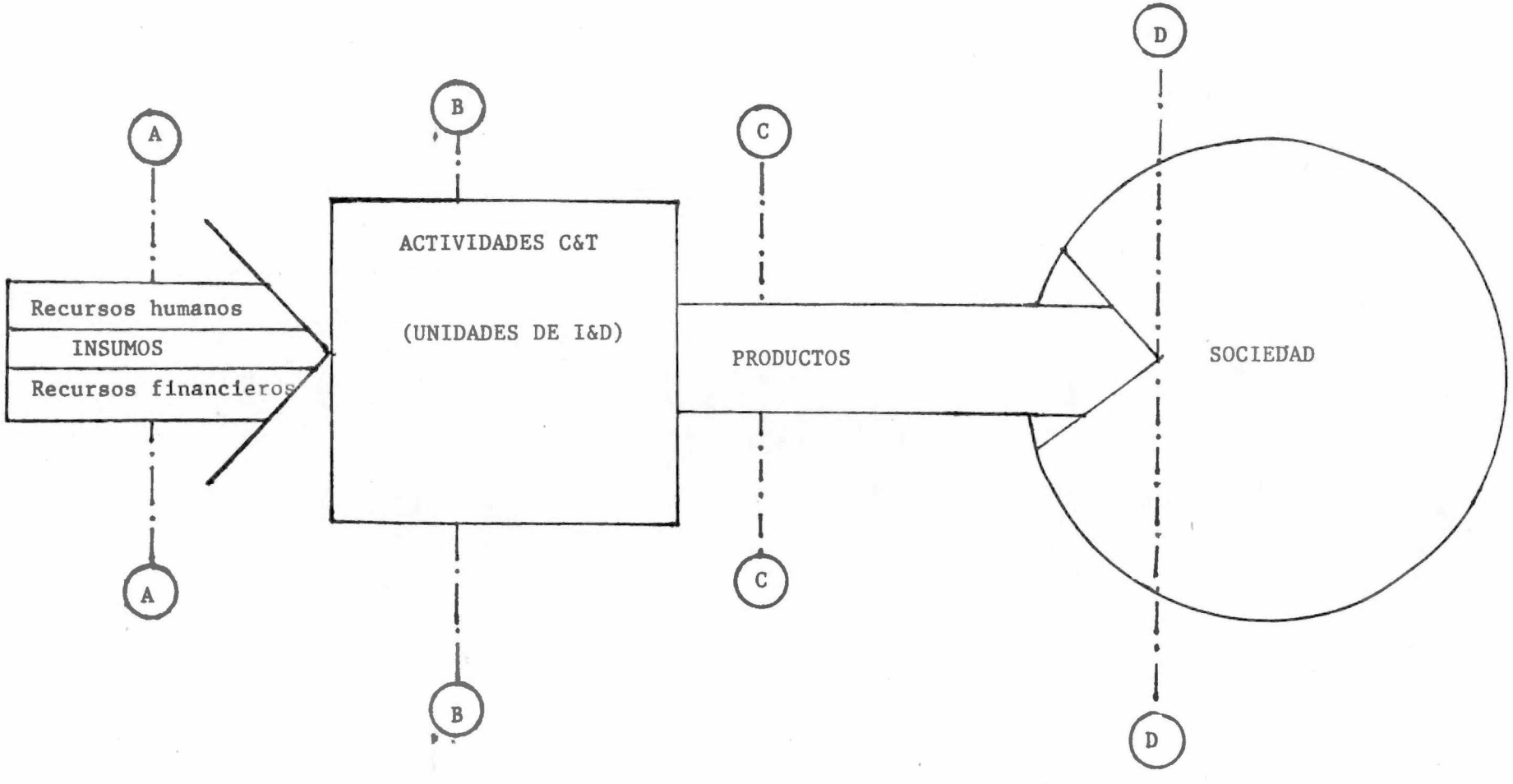
CUADRO II-1

AMBITO DE LA MEDICION DE INSUMOS SEGUN TIPO DE ACTIVIDAD C&T

UNESCO	OECD	OEA
(a) 1. Investigación científica y desarrollo experimental (I&D) 1.1. Investigación científica 1.1.1. Investigación fundamental 1.1.2. Investigación aplicada 1.2. Desarrollo experimental	(a) 1. Investigación y desarrollo experimental (I&D) 1.1. Investigación básica 1.2. Investigación aplicada 1.3. Desarrollo experimental	(a) 1. Investigación y desarrollo (I&D) 1.1. Investigación básica 1.2. Investigación aplicada 1.3. Desarrollo 1.1. Investigación básica 1.2. Investigación dirigida al avance 1.3. Investigación dirigida a la mejora
2. Enseñanza y formación científicas y tecnológicas generalmente de tercer grado	2. Educación y entrenamiento	(a) 2. Difusión científica y técnica 2.1. Documentación 2.2. Asistencia técnica y Consultoría 2.3. Otras Conferencias, simposios, etc.
(b) 3. Servicios científicos y tecnológicos 3.1. Bibliotecas 3.2. Museos 3.3. Traducción y edición 3.4. Exploración 3.5. Prospección 3.6. Recolección de datos socio-económicos 3.7. Pruebas, normalización, control de calidad 3.8. Consultoría (incluye asesoría pública agrícola y servicios de consultoría industrial) 3.9. Patentamiento y licenciamiento	(c) 3. Actividades relacionadas 3.1. Servicios de información C&T 3.2. Recolección de datos de interés general 3.3. Pruebas y normalización 3.4. Estudios de factibilidad 3.5. Atención médica especializada 3.6. Patentamiento y licenciamiento 3.7. Estudios relacionados de política 3.8. Otras actividades industriales 3.8.1. Innovación industrial 3.8.2. Producción y actividades técnicas relacionadas	(a) 3. Educación superior
FUENTE: UNESCO, 1984	(d) PROCESO DE INNOVACION TECNOLOGICA: 1. Investigación y desarrollo experimental 2. Mercadeo de nuevos productos 3. Patentamiento 4. Cambios financieros y organizativos 5. Ingeniería de diseño o producto final 6. Instrumentación e ingeniería industrial 7. Inicio de la manufactura	(a) 4. Actividades asociadas 4.1. Recolección sistemática de datos C&T de uso general 4.2. Metrología, normalización y control de calidad 4.3. Servicios C&T rutinarios 4.4. Otras tareas C&T
	FUENTE: OECD, 1981	5. Otras actividades
		FUENTE: OEA, 1972

(a) Medible según el método en términos de insumos
(b) Medible si implica desarrollo de nuevos métodos en cuyo caso se considera como I&D
(c) Medible si se desarrolla en el contexto de actividades de I&D
(d) A excluirse de la medición

GRAFICO IV-1: MOMENTOS EN LA MEDICION DE ACTIVIDADES C&T



A-A: Medición de insumos
B-B: Medición de ejecución
C-C: Medición de productos
D-D: Medición de "eficiencia", impacto, o aplicación

Distribución limitada

PARIS, diciembre de 1984
Original: Inglés

Guía de las Estadísticas relativas a la Ciencia y la Tecnología

División de Estadísticas relativas
a la Ciencia y la Tecnología
en la Oficina de Estadística

finición y alcance de las estadísticas de ciencias

Cabe definir de un modo general las estadísticas de ciencias como el campo de estadíatica que se refiere a la medición cuantitativa del volumen y la estructura de las actividadea científicas y tecnológicas de un país dado. En principio, labor estadística relacionada con este tema abarca cuatro fases importantes: colección, procesamiento, análisis y presentación de los datos pertinentes. Este npo comprende los datos relacionados con loa recursos humanos, financieros y teriales dedicados a actividades científicas y tecnológicas.

Los principales componentes de las estadísticas de ciencias son los guientes:

i) datos sobre el número y las calificaciones de los científicos e ingenieros, loa técnicos y el personal auxiliar y sobre su distribución entre las diversas actividades científicas y tecnológicas;

ii) datos sobre los gastos correspondientes a las actividades científicas y tecnológicas, incluidas las fuentes de financiación y la asignación de loa fondos.

Procede señalar, sin embargo, a efectos de la presente Guía, ciertas limitaones respecto al alcance de las estadísticas de ciencias:

i) se trata exclusivamente de estadísticas básicas y agregadas a nivel nacional;

ii) aunque se relacionan con todo tipo de actividades científicas y tecnológicas, se dedica atención más minuciosa a la labor de investigación científica y desarrollo experimental (I y D), por considerarla el núcleo central de esas actividades;

iii) se refieren exclusivamente a la recolección de datos sobre la situación actual, y no a los problemas relacionados con la previsión de las necesidades o la disponibilidad de personal científico y técnico, ni tampoco a los problemas que plantean las proyecciones de los gastos nacionales de ciencia y tecnología.

gen de las estadísticas de ciencias

Al examinar la evolución de los últimos decenios se observa que, independienente de sus sistemas políticos y de sus características socioeconómicas, un ero creciente de países han centrado sus esfuerzos en el fomento de las activiies científicas y tecnológicas. Se hacen inversiones grandes y cada vez más ortantes en investigación y desarrollo experimental, enseñanza y formación de ciencias y en otras actividades científicas y tecnológicas, en la mayoría de países del mundo. A menudo, el personal que se dedica a esas actividades consuye una parte considerable de la población económicamente activa del país, y en unos de ellos asciende a varios millones de personal calificado. Entre otras licaciones de este fenómeno, una de las más evidentes es que tanto los gobier- como el público consideran con razón que el adelanto de los conocimientos ntíficos y tecnológicos y su aplicación práctica constituyen un factor clave

para el crecimiento económico y el progreso social. Es característico de muchos países que los problemas de la política científica y tecnológica hayan quedado ensamblados en la red global de la política pública. Se han creado organismos nacionales encargados de la formulación y aplicación de la política científica y tecnológica prácticamente en todos los países, que desean aprovechar al máximo su potencial científico y tecnológico y orientarlo hacia la consecución de las metas del desarrollo nacional.

La necesidad de estadísticas de ciencias se puso de manifiesto cuando los administradores, los planificadores y los responsables de la política científica se percataron de que sin una información estadística completa no podían tomar verdaderamente las decisiones necesarias para emprender diversos programas científicos y tecnológicos, ni evaluar los resultados de su ejecución. La asignación de recursos que son relativamente limitados en la mayoría de los países (en particular, en los países en desarrollo) a las diversas instituciones y actividades que se dedican a la labor de I y D y a otras actividades científicas y tecnológicas, impone la necesidad de disponer de datos completos, exactos y fidedignos para orientar a los funcionarios encargados de adoptar esas importantes decisiones.

Debido a la integración del desarrollo científico y tecnológico en los planes de desarrollo económico y social general, resulta también neeesario cuantificar las metas científicas y tecnológicas de las distintas ramas de la economía nacional, basándose en definiciones y clasificaciones coherentes. Por otra parte, es siempre necesario comparar el tamaño y la estructura de la labor científica y tecnológica nacional con la de otros países y conocer la tasa de crecimiento comparada de los recursos dedicados a las actividades científicas y tecnológicas.

En los países tecnológicamente adelantados, el primer enfoque sistemático de los problemas de las estadísticas de ciencias surgió a principios del decenio de 1950, caracterizado por una expansión sin precedentes de las actividades científicas y tecnológicas. Desde entonces, se han logrado grandes progresos en los planos nacional e internacional, en lo tocante a la formulación de definiciones y conceptos y al establecimiento de la metodología de la estadística en esta compleja rama del quehacer humano. El número creciente de órganos responsables de la política nacional de ciencia y tecnología creados en estos últimos años ha aumentado considerablemente la importancia de las estadísticas de ciencias. En un buen número de países regularmente ya se realizan encuestas anuales o periódicas y los responsables de la política científica, los planificadores y otros funcionarios están aprendiendo a utilizar eficazmente esos datos en su trabajo.

Con respecto a los países en desarrollo, la recolección de información sobre el personal científico y técnico se ha llevado a cabo de un modo menos sistemático, principalmente en relación con varios proyectos de desarrollo económico o educativo. Más recientemente, se han efectuado estudios especiales sobre la investigación científica y el desarrollo experimental con motivo de reuniones regionales de expertos gubernamentales o conferencias ministeriales sobre la aplicación de la ciencia y la tecnología al desarrollo, convocadas por la Unesco, tales como CASTALAC, CASTASIA, CASTAFRICA y CASTARAB. Ahora bien, con la ayuda de la Unesco y de otras organizaciones internacionales, varios países en desarrollo han creado ya sistemas nacionales de estadísticas de ciencias que están trabajando eficazmente y que han producido una información esencial a lo largo de los años.

Resumiendo lo anteriormente dicho, cabe decir que las estadísticas de ciencia y tecnología constituyen un fenómeno muy reciente, especialmente en comparación con las estadísticas referentes a otras actividades sociales y económicas. Sin embargo, la necesidad de estas estadísticas de ciencias se ha puesto cada vez más de manifiesto, y hoy día está generalmente reconocida su utilidad en los niveles nacional e internacional.

Cometido de la Unesco y de otras organizaciones internacionales en materia de estadísticas de ciencias

Las actividades de la Unesco en materia de estadísticas de ciencias se basan en las resoluciones aprobadas por la Conferencia General de la Unesco, que autorizan al Director General a recolectar, analizar y publicar informaciones estadísticas relacionadas con los programas de educación, ciencia y cultura de la Unesco, a fomentar la comparabilidad internacional y el progreso metodológico de las estadísticas en esos campos y a prestar ayuda a los Estados Miembros para la creación y mejora de sus servicios estadísticos.

La Unesco ha llevado a la práctica un programa continuo de recolección de datos sumarios de todos los Estados Miembros sobre el número y la ocupación de científicos, ingenieros y técnicos, y sobre los gastos de I y D. Se ha ido creando gradualmente un acervo de datos estadísticos de unos 80 países que, aun no siendo perfectamente homogéneo, constituye una útil referencia para quienes se ocupan de los problemas de la política científica y tecnológica en los distintos países y en las organizaciones internacionales. Estos datos se recolectan anualmente por medio de un cuestionario uniforme y se publican periódicamente en el Anuario Estadístico y en el Statistical Digest (Resumen estadístico) de la Unesco. Ciertos datos más importantes se publican en el Anuario Estadístico de las Naciones Unidas. Estos datos los utiliza también la Unesco para preparar diversos informes y documentos tales como los estudios estadísticos sobre actividades de I y D destinados a reuniones regionales de expertos gubernamentales o a conferencias ministeriales sobre la política de ciencia y tecnología y la aplicación de la ciencia y la tecnología al desarrollo, organizadas por la Unesco en los últimos años en Europa, América Latina, Asia, Africa y los países árabes.

Otra importante característica de las actividades de la Unesco en materia de estadísticas de ciencias es el esfuerzo que despliega constantemente para armonizar las categorías y definiciones utilizadas por los estadísticos de ciencias de los Estados Miembros. El 27 de noviembre de 1978, la Conferencia General de la Unesco, en su 20a. reunión, aprobó la Recomendación sobre la normalización internacional de las estadísticas relativas a la ciencia y la tecnología. Esta recomendación tiene en cuenta los diversos sistemas socioeconómicos de los países del mundo y la gran diferencia que existe entre sus niveles de desarrollo.

La Unesco proporciona asistencia técnica a los Estados Miembros, especialmente a los de las regiones en desarrollo, para crear y mejorar su sistema nacional de recolección de datos en este campo de la estadística, así como para introducir las normas y la metodología correspondientes propuestas por la Organización, y adaptarlas a las prácticas y necesidades nacionales. Con este fin, se han llevado a cabo proyectos experimentales en cierto número de países en desarrollo, y esta labor, que tuvo inicialmente un carácter experimental, va a ser proseguida y ampliada en los próximos años.

En su trabajo, la Unesco cuenta con la cooperación de otras organizaciones internacionales que se ocupan también de las estadísticas de ciencias en relación con sus Estados Miembros. La Unesco mantiene un estrecho contacto con la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), cuyos primeros esfuerzos por normalizar las definiciones para una encuesta sobre la I y D se tradujeron en la celebración de la Conferencia de Frascati (1963), que se refería a los principales países industrializados. Tomando como base las recomendaciones expuestas en el documento conocido con el nombre de "Manual de Frascati" [5] la OCDE viene recolectando desde entonces, de un modo regular y con plena eficacia, datos detallados sobre las actividades de I y D. En la actualidad, fomentan también las estadísticas regionales de ciencias el Consejo de Asistencia Económica Mutua (CAEM) y la

Organización de los Estados Americanos (OEA). La cooperación en este campo se ha concretado también en el establecimiento de un Grupo de Trabajo Mixto de la Unesco y de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE), que examina los grandes problemas de la metodología y la armonización internacional de las estadísticas de ciencias.

Las estadísticas de ciencias y las encuestas sobre los inventarios del potencial científico y tecnológico nacional (PCT)

Al examinar las principales características de las estadísticas de ciencias, es necesario indicar su estrecha vinculación con los inventarios más generales y más globales relativos al personal científico y tecnológico nacional (PCT). Estos inventarios del PCT, que constituyen la base de datos concretos a efectos de la formulación de una política de ciencia, consisten en la recolección, la actualización y el análisis periódicos de datos muy completos sobre los recursos globales de que dispone un país para sus actividades científicas y tecnológicas. Tales datos pueden tener carácter administrativo, funcional, operativo, estructural o estadístico, pueden ser numéricos o no y están relacionados con todos los servicios científicos del país [6]. Dichos inventarios son una forma eficaz de obtener la mayor parte de los tipos de estadísticas de ciencias que se necesitan normalmente, mediante simples cálculos. Sin embargo, no se llevan a cabo en todos los países y, cuando se hacen no es todos los años (debido principalmente a su costo o al tiempo que requieren). Por consiguiente, es necesario efectuar inventarios en los años intermedios con objeto de poder proporcionar la información cuantitativa mínima que se requiere todos los años para la formulación de la política científica y a efectos de comparación internacional.

Cuando no se hayan efectuado todavía inventarios del PCT nacional, resulta evidentemente indispensable recolectar estadísticas de ciencias que, de hecho, pueden servirle de base al organismo oficial responsable de la formulación de la política científica nacional para ir desarrollando gradualmente los inventarios del PCT.

Relación entre las estadísticas de ciencias y las estadísticas económicas en general

Con objeto de poder medir las actividades científicas y tecnológicas desde el punto de vista de las condiciones y el desarrollo económicos en general, es conveniente coordinar adecuadamente las estadísticas de ciencias con los sistemas de contabilidad nacional ya existentes tales como el Sistema de Cuentas Nacionales [7] o el Sistema de balances de la economía nacional [8]. Esto implica que las estadísticas de ciencias no sólo deben ofrecer una información completa a quienes trabajan directamente en este campo de la ciencia y la tecnología sino que además deben ser compatibles y ensamblar con el conjunto general de las estadísticas que abarcan los diferentes aspectos de la vida nacional. En la práctica, esto supone que los conceptos, definiciones y clasificaciones que se empleen en las estadísticas de ciencias deben ser, en la mayor medida posible, compatibles con los adoptados en las normas aplicables actualmente a las estadísticas de otros campos, tales como la actividad industrial [9], los recursos humanos [10], la educación [11], y más especialmente con los conceptos, definiciones y clasificaciones de los citados sistemas de balances y cuentas nacionales que están concebidos con la finalidad de servir de marco global para la coordinación de las estadísticas económicas en general.

De hecho, las estadísticas de ciencias han adoptado ya ciertos conceptos y definiciones esenciales que guardan cierta relación con los que se aplican en otros campos de la estadística socioeconómica. Esto se refiere a conceptos tales

como el personal, la calificación profesional, la ocupación, los gastos, las fuentes de financiamiento, el sector de ejecución, etc. Cabe señalar, sin embargo, que, en el momento actual, las estadísticas de ciencias no cumplen plenamente todos estos requisitos, y puede ocurrir incluso que algunos de los términos utilizados en este campo tengan un sentido diferente cuando se aplican a otros campos de la estadística. Este y otros varios problemas metodológicos de coordinación de las estadísticas de ciencias con otros campos de la estadística pueden imputarse en parte a las características mismas de aquéllas. La Unesco y todas las organizaciones internacionales asignan una gran importancia a este problema y se dedican actualmente a llevar a cabo estudios metodológicos relacionados con este particular.

PRIMERA PARTE

DEFINICIONES Y CLASIFICACIONES BASICAS UTILIZADAS EN LAS ESTADISTICAS DE CIENCIAS - PRACTICA DE LA UNESCO

Observaciones generales

1. Es indispensable formular las categorías relacionadas con las estadísticas de ciencias explícitamente y en términos que resulten inteligibles a la vez para los productores y para los usuarios de esas estadísticas. El empleo de definiciones claras, concisas y mutuamente compatibles no solamente aumenta la validez de los datos en un país dado sino que además permite hacer comparaciones con actividades similares de otros países Por consiguiente, es muy importante utilizar, siempre que sea posible, en la práctica nacional definiciones que tengan ya una amplia aceptación con objeto de facilitar tales comparaciones.

2. Como ya ha quedado dicho, la Conferencia General de la Unesco aprobó en 1978 una recomendación sobre la normalización internacional de las estadísticas relativas a la ciencia y la tecnología. Se espera que esta recomendación sea un útil instrumento para las personas e instituciones que se dedican en los Estados Miembros a las actividades de recolección, análisis y utilización de tales datos.

3. Las definiciones y los conceptos presentados en esta parte de la presente Guía han sido elaborados por la Unesco con miras a mejorar la comparabilidad internacional de los datos y se recomiendan como base para los programas de recolección de datos en los distintos países. Al preparar tales definiciones, se ha estudiado cuidadosamente la experiencia de los Estados Miembros más adelantados en este campo, y se han tenido en cuenta los recursos y las necesidades especiales de los países en desarrollo con respecto a tales datos estadísticos. Se pretendía con todo ello encontrar unas definiciones que sean a la vez lo más generales y concretas que resulte posible: generales en lo que se refiere a su aplicación y a su aplicabilidad en todos los países, y concretas de modo tal que pueda establecerse una clara distinción entre los diversos elementos que integran esos conceptos. Como los países varían por sus estructuras socioeconómicas, el nivel de desarrollo de sus sistemas estadísticos, etc., los reajustes y las transacciones son inevitables para que las definiciones puedan adaptarse a las necesidades y a las condiciones propias de un país dado.

CAPITULO I

LAS ACTIVIDADES CIENTIFICAS Y TECNOLOGICAS

1. Definición y alcance

> A efectos estadísticos, cabe definir las actividades científicas y tecnológicas (ACT) como sigue: todas las actividades sistemáticas que están estrechamente relacionadas con la generación, el mejoramiento, la difusión y la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos en todos los campos de la ciencia y de la tecnología, a saber, las ciencias exactas y naturales (CEN), la ingeniería y la tecnología, las ciencias médicas y las agrícolas, y las ciencias sociales y humanas (CSH).

Dos aspectos principales caracterizan esta definición. El primero de ellos se refiere a la índole de las actividades de C y T, que se centran en la generación, la difusión y la utilización de conocimientos científicos y técnicos y están estrechamente relacionadas con ellas. Mediante estas actividades de C y T es como se crean, distribuyen, acopian, modifican, transforman, adaptan para su utilización y utilizan los conocimientos científicos y técnicos. El segundo se refiere a los campos abarcados.

En consonancia con el concepto de unidad de la ciencia, la anterior definición se aplica por igual a las CEN y a las CSH. En el Capítulo V (punto 3.2) se precisa el contenido de estas dos categorías generales de las ciencias.

Cabe dividir las actividades que han de ser objeto de la práctica estadística en tres categorías principales:

- investigación y desarrollo experimental;
- enseñanza y formación C y T generalmente de tercer grado
- servicios científicos y tecnológicos.

Hay otras varias actividades, que no están ni íntima ni predominantemente relacionadas con la generación, la difusión y la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos o que plantean dificultades estadísticas especiales, y que conviene por ello excluir de la medición de las actividades de C y T. En particular, esto supone la exclusión de: la enseñanza escolar general primaria y secundaria (correspondiente a los niveles 1, 2 y 3 de la CINE) (véase Apéndice B), y la formación industrial de carácter no formal (aprendizaje, formación en el puesto de tra-

bajo, etc.), las actividades ordinarias de las editoriales y de los organismos de radio y televisión, los servicios médicos y sanitarios generales y especializados, y la producción y distribución industrial de bienes y servicios (incluidos los ensayos de producción después de haber comprobado la eficacia de los prototipos).

1.1 Investigación científica y desarrollo experimental (I y D)

> Cabe definir las actividades de investigación científica y desarrollo experimental como sigue: trabajo sistemático y creativo realizado con el fin de aumentar el caudal de conocimientos, inclusive el conocimiento sobre el hombre, la cultura y la sociedad, y la utilización de esos conocimientos para concebir nuevas aplicaciones.

De esta definición se desprende claramente que, al definir las actividades de I y D, el elemento decisivo es la presencia de un elemento de creatividad e innovación. Se trata de una característica común a las investigaciones científicas y a las actividades de desarrollo experimental.

Para poder identificar adecuadamente estos dos tipos de actividades, se indican a continuación los elementos esenciales que las caracterizan:

i) el elemento de creatividad,

ii) el elemento de novedad o innovación,

iii) el empleo de métodos científicos,

iv) la generación de nuevos conocimientos.

Sólo se podrá decir de una actividad científica que es investigación científica si concurren esos cuatro elementos.

Por ejemplo, aunque la pintura entraña una gran proporción de creatividad y se concreta en un cuadro que tiene un elemento de novedad por su misma naturaleza, no constituye investigación científica y no trae consigo un aumento de los conocimientos científicos ni utiliza un método científico.

Al analizar las actividades de C y T - y por ende las de I y D - habrá que ver si se cumplen otros requisitos: la actividad examinada ha de tener carácter continuo, sistemático, estructurado e institucionalizado. A este respecto es especialmente importante la institucionalización de las actividades de C y T.

El concepto de institucionalización implica la necesidad de tomar únicamente en consideración las actividades realizadas en el marco de una institución por personas que trabajan en ella, que están a su servicio o que son miembros de ella; el concepto de investigación (o ACT) estructurada implica que sólo cabe tomar en consideración, en una institución dada, las actividades realizadas con carácter sistemático que suelen figurar en el programa de trabajo de la institución.

Así pues, estas dos condiciones eliminan de las estadísticas las ACT que puedan llevar a cabo las personas al margen de su quehacer profesional, las que no tienen una contrapartida económica (el trabajo voluntario, por ejemplo) y las que se realizan de un modo irregular o esporádico en una institución. Sin embargo, esto no significa que, en el nivel nacional y desde un punto de vista teórico, no quepa considerar esas actividades como ACT, ni que carezcan de interés como tales; significa únicamente que, en la fase actual de recolección de datos, la inclusión de dichas actividades en las estadísticas internacionales no tendría interés a efectos de comparabilidad.

Por ejemplo, la actividad que lleva a cabo un inventor independiente debe quedar excluida del ámbito de las estadísticas relativas a la ciencia, aunque aporta una contribución al aumento de los conocimientos científicos y cumpla las otras tres condiciones, ya que no es necesariamente una actividad continua y no se efectúa en una organización.

Por supuesto, en ciertos casos puede haber actividades científicas continuas y sistemáticas realizadas por destacados científicos al margen de un marco institucional y cuya obra constituya una ingente contribución a la ciencia, o que incluso revolucionen sus conceptos e ideas básicos; no obstante, cabe considerar que se trata de excepciones que, por definición, quedan al margen de las estadísticas relativas a la ciencia.

El requisito de institucionalización es comprensible, dado que para los fines que persiguen el responsable de la política científica y el usuario en general sólo tienen interés las actividades que pueden quedar afectadas en cierta medida por las decisiones normativas, al paso que una contribución intermitente o espontánea surte sus efectos fuera de ese marco institucional. Además, los problemas que entrañaría el análisis de tales actividades serían evidentemente insuperables.

Teniendo en cuenta la importancia que se atribuye a las diferencias que existen entre la producción, por un lado, y la adaptación y la utilización práctica de los conocimientos científicos, por otro, parece aconsejable abordar el tema de la investigación científica por separado del de las actividades de desarrollo experimental.

1.1.1 Actividades de investigación científica

> Cabe definir las actividades de investigación científica como sigue: todas las actividades sistemáticas y creativas encaminadas a aumentar el caudal de los conocimientos científicos y a aplicarlos.

Es una definición de carácter muy general que, para atenernos más estrictamente a la naturaleza de las CEN y CSH, merece dos definiciones complementarias:

Cabe definir las actividades de investigación científica en las ciencias exactas y naturales, la ingeniería y la tecnología, las ciencias médicas y agrícolas como sigue: todas las actividades sistemáticas y creativas cuya finalidad es descubrir las relaciones y la esencia de los fenómenos naturales, establecer las leyes que los rigen y contribuir a la aplicación práctica del conocimiento de las leyes, las fuerzas y los elementos de la naturaleza.

Cabe definir las actividades de investigación científica en la esfera de las ciencias sociales y humanas como sigue: todas las actividades sistemáticas y creativas encaminadas a aumentar o mejorar los conocimientos acerca del hombre, de la cultura y de la sociedad, incluyendo la aplicación de estos conocimientos a la solución de problemas sociales y humanos.

Procede señalar que estas dos definiciones tienen exactamente el mismo contenido teórico: se trata de una actividad de investigación científica encaminada a entender fenómenos y a resolver problemas. La única diferencia radica en el campo abarcado: en el primer caso, es toda la gama de fenómenos naturales, mientras que en el segundo se ha concebido la definición de modo tal que se ajuste a los problemas de interés para el hombre y su medio ambiente social. Al mismo tiempo, estas definiciones adicionales aclaran en cierta medida la definición global donde aparece el término "aplicarlos". Este término, aceptable en forma general, es demasiado limitativo y no debe utilizarse estrictamente. Si así se hiciera, las actividades de investigación sólo serían tales si su objetivo fuera su aplicación; en efecto, los proyectos de investigación fundamental no se orientan específicamente hacia una aplicación determinada y, sin embargo, no han de excluirse (véase párrafo 1.1.1.1 infra).

En la práctica estadística, la experiencia ha demostrado que esos conceptos concebidos inicialmente para las CEN no siempre se aplican a las actividades de investigación de las CSH; ciertos países estiman que las encuestas pueden abarcar por igual todas las ciencias de todos los sectores, mientras que otros países consideran que no siempre resultan apropiados los procedimientos comunes.

La investigación científica, tanto en las CEN como en las CSH, puede clasificarse con arreglo a dos categorías o tipos:

- investigación fundamental;
- investigación aplicada.

Aunque la critiquen ciertos expertos, ésta es la subdivisión por la cual se ha optado en la Recomendación. Consta perfectamente la subjetividad que entraña el hecho de hacer una distinción entre las dos categorías y las consiguientes dificultades con que tropiezan a menudo quienes han de contestar un cuestionario, al precisar el tipo de investigación al que se dedica su organización, pero la experiencia ha demostrado que un análisis de esta clase tiene interés para los usuarios de las estadísticas relativas a la ciencia.

Procede recordar que, en la práctica estadística, cuando haya que recurrir al juicio subjetivo para clasificar una determinada actividad de C y T y los recursos dedicados a ella, si no concuerdan los puntos de vista de quien financia tales actividades y del investigador habrá que optar por la clasificación del investigador.

1.1.1.1 Investigación fundamental

> Cabe definir la investigación fundamental como sigue: todo trabajo experimental o teórico efectuado principalmente con objeto de adquirir nuevos conocimientos sobre los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin prever ninguna aplicación determinada o específica.

Según esta definición, procede considerar que una investigación tiene carácter fundamental cuando su finalidad consiste en comprender más plenamente los fenómenos en el sentido más amplio - tanto en las CEN como en las CSH - o cuando su objetivo es el descubrimiento de nuevos campos de investigación, sin tener presente un fin práctico inmediato.

La investigación fundamental se caracteriza por un alto grado de libertad, en el sentido de que el investigador puede escoger muy a menudo el tema que va a estudiar y organizar su propio trabajo.

Con frecuencia, los resultados de esta actividad inciden en un amplio sector de la ciencia y suelen cobrar validez general o universal; a menudo, revisten la forma de principios generales, teorías y leyes, y pueden darse a conocer (por medio de su publicación en revistas científicas, y de su difusión entre los colegas, mediante documentos presentados en congresos científicos, etc.).

1.1.1.2 Investigación aplicada

> Cabe definir la investigación aplicada como sigue: toda investigación original realizada para la adquisición de nuevos conocimientos, pero encaminada principalmente hacia una finalidad u objetivo prácticos determinados.

La característica decisiva que permite determinar si se trata de una investigación aplicada es, pues, la aplicación específica que se tiene presente. Por ello, si la adquisición de conocimientos persigue una finalidad práctica particular, se tratará de una investigación aplicada, y si la investigación no persigue una aplicación específica, cabrá considerarla como investigación fundamental.

La investigación aplicada se lleva a cabo sea para desarrollar los resultados de la investigación fundamental con miras a su aplicación práctica, sea para determinar nuevos métodos o formas de lograr una finalidad práctica específica y previamente determinada.

Así pues, en general se puede decir que gracias a la investigación aplicada las teorías pasan a tener una aplicación práctica. Los resultados de la investigación aplicada suelen afectar a un sector limitado de la ciencia y la tecnología y tienen carácter especializado en la medida en que pretenden ser de interés para campos, problemas o casos concretos.

1.1.2 Desarrollo experimental

> Cabe definir el desarrollo experimental como sigue: todo trabajo sistemático en el que se utilicen los conocimientos obtenidos de la investigación o de la experiencia práctica, y encaminado a producir nuevos materiales, productos y dispositivos, a establecer nuevos procesos, sistemas y servicios, y a mejorar subatancialmente los ya existentes o establecidos.

El concepto de desarrollo experimental es teórico y prácticamente aplicable tanto a las ciencias exactas y naturales, la ingeniería y la tecnología y las ciencias médicas y agrícolas, como a las ciencias sociales; en cambio, tiene un sentido mínimo o nulo en el caso de las ciencias humanas.

El criterio principal para distinguir entre el desarrollo experimental y la investigación (fundamental o aplicada) es el siguiente: las investigaciones fundamental y aplicada se proponen principalmente un aumento de los conocimientos científicos y técnicos; en cambio, el desarrollo experimental aspira a la introducción de nuevas aplicaciones (por ejemplo, nuevos materiales o nuevas tecnologías).

Deberían mencionarse explícitamente aquí, como actividades de desarrollo experimental, las que entrañan la adaptación de una tecnología importada y las encaminsdas a mejorar de modo considerable la tecnología existente en general. Las actividades de este tipo son relativamente importantes en los países en desarrollo. Durante dicha labor de adaptación, puede resultar incluso necesario efectuar ciertas investigaciones aplicadas. Dos ejemplos representativos pueden precisar mejor este tipo concreto de trabajos de desarrollo experimental: la concepción de procedimientos eficaces de beneficio o extracción de minerales de baja calidad, con objeto de explotar yacimientos de hierro ya existentes, lo cual requerirá una cierta labor de investigación; y la adaptación de procedimientos y de material y equipo textiles ya existentes, importados por un país en desarrollo para adaptarlos a las fibras que se cultivan en él.

Las actividades de ciencias sociales que se suelen mencionar más a menudo como correspondientes en cierto modo al concepto de desarrollo experimental de las CEN se refieren a la planificación socioeconómica (por ejemplo, la elaboración

de programas encaminados a la resolución de problemas socioeconómicos) así como al sector de la educación (por ejemplo, la creación de máquinas didácticas o de medios audiovisuales). Cabe considerar estas actividades o bien como fases subsiguientes y más prácticas de la investigación aplicada, que comprueban los resultados de las investigaciones fundamentales y/o una fase precedente de la investigación aplicada, o bien, en el caso de que no sea posible encontrar un elemento de innovación, como una mera aplicación de los resultados de las investigaciones (fundamentales y aplicadas). En este último caso, tales actividades deben quedar excluidas de las estadísticas de I y D.

Por último, en lo que se refiere al problema de la labor de I y D relativa a la defensa nacional, se suele incluir las actividades de I y D emprendidas con fines militares o para la defensa nacional en las estadísticas de I y D (véase también el punto 4 del Capítulo V).

Ejemplos que ilustran los conceptos de investigación fundamental, investigación aplicada y desarrollo experimental de CEN:

	Investigación fundamental	Investigación aplicada	Desarrollo experimental
1.	Estudio de las soluciones numéricas de las ecuaciones diferenciales	Estudio de las soluciones numéricas de las ecuaciones diferenciales que han de utilizarse para describir una ondulación (por ejemplo, para describir la intensidad y la velocidad de transmisión de las ondas de radio)	Concepción de programas de computadora para la solución numérica de las ecuaciones diferenciales utilizadas para describir una ondulación
2.	Estudio de las condiciones de presión y la flotabilidad de los sólidos en corrientes gaseosas	Estudio de las condiciones de presión y la flotabilidad de los sólidos en corrientes de aire, con miras a obtener los datos aerodinámicos que se requieren para la construcción de misiles y aviones.	Concepción del cuerpo (fuselaje) de un prototipo de avión.
3.	Estudio de las características geológicas de los campos geotérmicos y de los fenómenos geotérmicos con miras a obtener conocimientos básicos sobre su origen	Estudio de las fuentes geotérmicas, con miras a utilizar esas reservas naturales de vapor y agua caliente	Concepción de procedimientos de empleo del vapor o el agua caliente geotérmicos para la producción de energía eléctrica, para la calefacción o como fuente de minerales explotables

	Investigación fundamental	Investigación aplicada	Desarrollo experimental
4.	Estudio de los mecanismos bioquímicos y biofísicos relacionados con la radioresistencia de los microorganismos	Estudios microbiológicos sobre la influencia de los fenómenos combinados de calor e irradiación sobre la supervivencia de la levadura, con miras a obtener la información que se requiere para el establecimiento de métodos de preservación de los zumos de fruta	Concepción de un procedimiento para la preservación de los zumos de fruta mediante el empleo de la radiación gamma
5.	Estudio de los fenómenos de digestión de la lactosa (azúcar de la leche) por la lactasa, esto es, la enzima que la descompone	Estudios de los fenómenos generalizados de intolerancia de los adultos a la lactosa, con miras a obtener la información que se requiere para el establecimiento de un método de ensayo que permita determinar esta intolerancia en los adultos	Concepción de un método de ensayo para determinar la intolerancia a la lactosa (midiendo la glucosa de la sangre después de la ingestión de lactosa)
6.	Estudio del mecanismo que permite a un organismo vivo distinguir entre las células ajenas y las propias (genes, antígenes, indicadores de la individualidad biológica)	Estudio del mecanismo inmunológico que provoca el rechazo de un tejido ajeno, con miras a encontrar el modo de suprimir ese mecanismo en los casos de transplante de órganos	Concepción de una técnica para suprimir ese mecanismo de rechazo mediante medicinas, con objeto de que puedan sobrevivir los injertos o lograr un transplante eficaz de órganos
7.	Estudio de la influencia de los factores psicológicos en las enfermedades	Estudio de los factores psicológicos (tensión, etc.) que provocan úlceras de estómago, con miras a obtener la información que se requiere para la elaboración de métodos de tratamiento adecuados	Concepción de un nuevo método de tratamiento de las úlceras de estómago provocadas por factores psicológicos
8.	Estudio de las características isoeléctricas de las isoenzimas a partir de cultivos de tejidos de patata	Estudios sobre el crecimiento de los cultivos de tejidos de patata en varios medios nutrientes	Concepción de una técnica para la producción de patatas exentas de virus mediante el cultivo de tejidos

	Investigación fundamental	Investigación aplicada	Desarrollo experimental
9.	Estudio de la biosíntesis de proteínas de las plantas en relación con el cociente fotosintético	Estudio de las propiedades genéticas de los cereales relacionadas con la resistencia a las enfermedades, con miras a obtener la información que se requiere para la creación de nuevas variedades de cereales más resistentes a las enfermedades	Cultivo de nuevas variedades de cereales que tengan una mayor resistencia a las enfermedades
10.	Estudio de las barreras intrínsecas que coartan el cruzamiento de las especies arbóreas	Estudio de la posibilidad de eliminar las barreras intrínsecas utilizando disolventes y polen mentor, para facilitar el cruzamiento interespecífico de álamos	Concepción de una técnica de eliminación de las barreras intrínsecas para el cruzamiento interespecífico de especies de álamos, con objeto de producir unos clones que tengan características superiores, con fines de plantación
11.	Estudio de las transformaciones químicas de los contaminantes en el aire	Estudio de métodos analíticos, con miras a identificar y medir el bióxido sulfúrico presente en el aire	Concepción de técnicas físicoquímicas para reducir la emisión de bióxido sulfúrico en la combustión (por ejemplo, en las instalaciones de calefacción)

Ejemplos que ilustran los conceptos de investigación fundamental, investigación aplicada y desarrollo experimental en las ciencias sociales y de investigación fundamental y aplicada en las ciencias humanas:

	Investigación fundamental	Investigación aplicada	Desarrollo experimental
1.	Estudio de las relaciones causales entre las condiciones económicas y el desarrollo social	Estudio de las causas económicas y sociales de la emigración de trabajadores agrícolas desde las zonas rurales hacia las ciudades, con la finalidad de preparar un programa encaminado a contener este fenómeno, para prestar apoyo a la agricultura y prevenir los conflictos sociales en las zonas industriales	Establecimiento y ensayo de un programa de asistencia financiera para prevenir la emigración rural a las grandes ciudades
2.	Estudio de la estructura social y de la movilidad sociolaboral en una sociedad, es decir, su composición y sus cambios con respecto a los estratos sociolaborales, las clases sociales, etc.	Elaboración de un modelo que utilice los datos obtenidos para prever las consecuencias futuras de las tendencias recientes en materia de movilidad social	Establecimiento y ensayo de un programa encaminado a estimular la movilidad ascendente en el caso de ciertos grupos étnicos o sociales
3.	Estudio de la función y la posición de la familia en las distintas civilizaciones pasadas y presentes	Estudio de la función y la posición de la familia en un determinado país o región en el momento actual, con objeto de preparar las medidas sociales pertinentes	Establecimiento y ensayo de un programa de subsidios familiares, para mantener la estructura familiar en el caso de los trabajadores de ingresos modestos
4.	Estudio del mecanismo de la lectura en los adultos y los niños, es decir, investigación del modo en que operan los sistemas visuales humanos para adquirir información a partir de símbolos como palabras, imágenes y diagramas	Estudio del mecanismo de la lectura, con la finalidad de concebir un nuevo método para enseñar a leer a niños y a adultos	Establecimiento y ensayo de un programa especial de lectura para los niños inmigrados

	Investigación fundamental	Investigación aplicada	Desarrollo experimental
5.	Estudio de los factores internacionales que influyen en el desarrollo económico nacional	Estudio de los factores internacionales específicos que determinan el desarrollo económico de un país en un periodo dado, con miras a formular un modelo operacional que permita modificar la política de comercio exterior del gobierno	--
6.	Estudio de aspectos concretos de una determinada lengua (o de varias lenguas comparadas entre sí), por ejemplo, sintaxis, semántica, fonética, fonología, variantes regionales o sociales, etc.	Estudio de distintos aspectos de una lengua, con objeto de concebir un nuevo método de enseñanza de esa lengua o de traducir a ella o a partir de ella	--
7.	Estudio de la evolución histórica de una lengua	--	--
8.	Estudio de fuentes de todo tipo (manuscritos, documentos, monumentos, obras de arte, edificios, etc.) con miras a comprender mejor los fenómenos históricos (desarrollo político, social y cultural de un país, biografía de un hombre, etc.)	--	--

1.1.3 Distinción entre las actividades de I y D y las demás

En el anterior punto 1.1 se han expuesto los elementos que caracterizan a las actividades de I y D. Lo que las distingue de las demás es la presencia o la ausencia de esos elementos.

En la práctica estadística, la línea de demarcación entre la I y D y los llamados "servicios científicos y tecnológicos", por un lado, y entre la I y D y la producción industrial y la distribución de bienes y servicios, por otro, no resulta a menudo fácil de precisar. Esto se debe principalmente a las conexiones institucionales, operacionales, orgánicas, personales y de otra índole, a veces muy estrechas, que existen entre esas actividades.

Al identificar una actividad de C y T - y por consiguiente una actividad de I y D - conviene tener presente que hay que tomar en consideración no sólo la índole o el carácter de esa actividad, sino también la finalidad específica o las razones concretas por las cuales se lleva a cabo.

Esta observación tiene un interés práctico en aquellos casos en que hay más de un tipo de actividades de C y T para alcanzar el objetivo científico propuesto. Por ejemplo, un programa de I y D puede entrañar una buena proporción de actividades rutinarias como la simple recolección de datos sobre los fenómenos naturales.

En general, en la práctica estadística todas las actividades auxiliares y rutinarias que se llevan a cabo exclusiva o predominantemente para alcanzar una determinada actividad de C y T deben quedar comprendidas en ella. Esto quiere decir que una actividad claramente definida por su contenido - por ejemplo, la traducción de un antiguo manuscrito - que, en sí misma, hay que considerar como una actividad de información científica, puede clasificarse también, en su caso, o bien en la categoría de "formación y enseñanza" si se lleva a cabo en el tercer grado del sistema de enseñanza sin intención de producir nuevos conocimientos científicos, o bien en la categoría de "investigación" si se realiza en el marco de un proyecto de investigación.

Esta regla es especialmente importante con respecto a la I y D. Por supuesto, dadas las características y la atención especial que se dedica a la I y D en las actividades de C y T, todo proyecto de I y D que se lleva a cabo en materia de enseñanza o en el contexto de otras actividades científicas o tecnológicas debe quedar individualizado y considerado como de I y D en la mayor medida posible.

Para ilustrar el hecho de que lo que hay que considerar fundamentalmente es la finalidad u objetivo de la actividad y, por ende, el contexto sistemático (I y D o no) en el que se sitúa (y no el carácter técnico de la actividad), se presentan estos dos ejemplos:

1) El examen electroencefalográfico de rutina, de pacientes que tienen trastornos cerebrales es un examen normal, como el electrocardiograma, y cabe adscribirlo a la categoría de "servicios médicos y sanitarios generales o especializados", y no a la I y D. Ahora bien, si se efectúa una serie de exámenes electroencefalográficos (que tengan exactamente las mismas características técnicas que los exámenes normales ya mencionados), con arreglo a un proyecto de investigación en el campo de la psicología, con miras a determinar los cambios de la actividad eléctrica del cerebro en reacción a acontecimientos psicológicos, esos exámenes habrán de adscribirse a la I y D. Análogamente, corresponderá también a la I y D una serie especialmente organizada de exámenes electroencefalográficos (que tengan exactamente las mismas características técnicas que los exámenes normales ya mencionados), llevados a cabo con la finalidad de determinar y analizar los efectos y los posibles efectos secundarios de un nuevo medicamento.

ii) La realización de encuestas estadísticas ordinarias por servicios estadísticos de diversos tipos ha de incluirse en la categoría de "recolección de información sobre los fenómenos humanos, sociales, económicos y culturales" (véase 1.3, vi, pág. 28). En cambio, si se lleva a cabo una encuesta estadística, en la que se emplean técnicas establecidas como en cualquier otra encuesta estadística ordinaria, exclusivamente con una finalidad de investigación, es decir, con arreglo a un proyecto de investigación para acopiar los datos que se requieren concretamente para ese tema, habrá que incluirla en la I y D. Análogamente, si se lleva a cabo, en conexión con el "acopio de información sobre los fenómenos humanos, sociales, económicos y culturales", una actividad especial con miras a mejorar las técnicas de acopio de datos y/o a establecer métodos de comprobación de datos, esta actividad debe clasificarse en la I y D.

De hecho, en consonancia con la definición de investigación científica, las actividades de ciencias sociales que apunten a la formulación o a la mejora de los conocimientos, instrumentos y conceptos metodológicos utilizados en el acopio y análisis de datos (por ejemplo, las técnicas de cuestionario y entrevista, la concepción de muestras, los modelos, etc.) deberán considerarse en general como investigaciones científicas.

1.1.3.1 Las actividades de I y D y la aplicación de sus resultados

Se debe establecer con gran cuidado la distinción entre las actividades de I y D y la mera aplicación de resultados.

A menudo, esta distinción parece bastante difícil en la práctica. No hay que olvidar que las actividades de I y D preparan el camino para la aplicación al proporcionar los principios generales, e incluso al concebir nuevas aplicaciones tomando como base los resultados de la investigación fundamental y aplicada, pero la traducción real de los resultados de I y D en medidas prácticas no es I y D, sino aplicación. La aplicación de técnicas conocidas al estudio de los fenómenos de una manera más o menos repetitiva o rutinaria, sin intenciones de producir nuevos conocimientos científicos y técnicos o de crear un nuevo método de aplicación, no podrá considerarse como I y D. En cambio, si se facilita la aplicación de métodos o técnicas científicos conocidos para su uso en otros campos o disciplinas científicas que requieran modificaciones o reajustes innovadores esenciales, habrá que considerar esa actividad como de I y D.

1.1.3.2 Las actividades de I y D y los "estudios"

Procede mencionar por separado el caso límite de los estudios, debido a su importancia en las ciencias sociales y humanas.

Cabe observar que la mayoría de los estudios quedarán comprendidos en la categoría viii) - "servicios científicos y tecnológicos" (esto es, en las actividades ordinarias y habituales de asesoramiento que se examinan más adelante (págs., 24, 25)) y, por consiguiente, quedarán excluidos de la I y D.

En general, pero de modo más especial en las ciencias sociales, la finalidad de los "estudios" consiste en facilitar las decisiones que han de tomar los responsables de la administración (central, regional y local) o las empresas industriales

y comerciales. Por lo general, en tales estudios solamente se emplean metodologías ya establecidas pero a veces, al preparar modelos operativos, es necesario modificar las metodologías existentes o crear otras nuevas, lo cual requerirá una proporción considerable de actividades de investigación. En teoría, deberían tomarse en cuenta todas esas modificaciones o novedades en la medición de la I y D, pero hay que tener presentes las dificultades que entraña la evaluación de las partes apropiadas (en el caso de que existan) de I y D de un estudio dado. En la práctica, a pesar de los problemas técnicos y teóricos, cabe la posibilidad sea de asignar los estudios que entrañen un elemento considerable de investigación exclusivamente a la investigación, sea de intentar evaluar la proporción de investigación de esos estudios y adscribirlos, tras ello, a la categoría de I y D.

Para decidir si una actividad determinada ha de considerarse I y D o atribuirse a ella, poco importa que lo que se llame estudio sea la actividad propiamente dicha o el informe que resulte de tal actividad. Si una actividad determinada responde a la definición de I y D (véase 1.1, capítulo II), se considerará como I y D o se atribuirá a la misma; en caso contrario, se excluirá.

1.1.3.3 Las actividades de I y D y las publicaciones

En lo tocante a la relación entre las actividades de I y D y las publicaciones en general solamente la redacción del primer informe sobre los resultados de un proyecto de I y D debe quedar incluida en la I y D en la medida en que sea llevada a cabo por un personal que se haya dedicado ya a la ejecución del proyecto de I y D. En general, la preparación y la publicación de los resultados de esas actividades deberán quedar excluidas totalmente de la I y D.

Los gastos correspondientes a la publicación de los resultados solamente deben atribuirse a la I y D en el caso de que se hayan asignado explícitamente fondos con esa finalidad o si se pueden identificar y atribuir a la I y D de un modo inequívoco tales gastos.

1.1.3.4 La delimitación entre el desarrollo experimental y la producción industrial

El establecimiento de una línea de delimitación entre el desarrollo experimental y la producción industrial, o más exactamente, entre el desarrollo experimental y los servicios técnicos que se llevan a cabo al comienzo de las operaciones de producción inmediatamente subsiguientes a la fase de desarrollo experimental, parece ser una tarea muy difícil en la práctica estadística.

Como regla general inicial, cabe suponer que la labor de desarrollo experimental termina cuando la dirección ha tomado la decisión de empezar la producción, partiendo del supuesto de que, normalmente, después de esa decisión se introducen muy pocas innovaciones, o ninguna en absoluto.

Con objeto de facilitar la distinción entre el desarrollo experimental y los servicios técnicos prestados al comienzo de las operaciones de producción que pueden entrañar cierto elemento de innovación, se sugiere que se tome en consideración la finalidad inmediata o la razón específica de la actividad concreta.

Por supuesto, el objetivo general o a largo plazo o final de toda actividad productiva o de I y D de una empresa es comercial, sobre todo en las empresas industriales, puesto que las actividades de I y D de algunos laboratorios gubernamentales e incluso de instituciones académicas pueden tener un carácter no comercial y estar orientadas especialmente hacia objetivos sociales. En este contexto estamos considerando, sin embargo, la finalidad primaria o el objetivo inmediato de una actividad concreta. Si la finalidad inmediata o la razón específica de la actividad innovadora consiste en una mejora técnica del producto o del procedimiento de producción, deberá considerarse esa actividad como de desarrollo experimental, ya que está orientada hacia un producto considerablemente modificado o posiblemente nuevo. En cambio, si la finalidad inmediata de la actividad innovadora consiste en adaptar el producto a las condiciones y necesidades del mercado, lo cual supone que es básicamente comercial, dejará de ser posible considerar que se trata de una actividad de desarrollo experimental, ya que el producto es esencialmente el mismo, y tan sólo se introducen pequeñas adaptaciones o modificaciones con la intención de crear un mercado.

Aplicando esos criterios, se puede resumir como sigue el tratamiento de algunos casos límite representativos de la industria:

i) Prototipos: el prototipo es un modelo original que tiene las características esenciales de un nuevo producto. El diseño, la construcción y el ensayo de prototipos han de adscribirse a la I y D. Como resultado de unos ensayos, el prototipo suele modificarse y mejorarse. Después de terminar con éxito la serie final de ensayos, se ha alcanzado la línea de delimitación con respecto a la producción. La construcción de varios ejemplares de un prototipo, después de haber ensayado con éxito el original, no forma parte de la I y D.

ii) Instalaciones experimentales: la construcción y el funcionamiento de instalaciones experimentales han de adscribirse a la I y D mientras la finalidad inmediata o la razón específica tengan carácter no comercial, esto es: adquirir una experiencia que desemboque en ulteriores perfeccionamientos técnicos del producto o de los procedimientos de producción. En cuanto termina la fase experimental y se toma la decisión de que las instalaciones experimentales pasen a tener un carácter comercial normal, se llega a la línea de delimitación entre el desarrollo experimental y la producción y la actividad ya no puede considerarse I y D.

iii) Producción de prueba (incluida la dotación del equipo para producción en gran escala): como la finalidad inmediata de la producción de prueba no consiste ya en introducir nuevos perfeccionamientos técnicos en el producto o en el procedimiento de producción de que se trate, sino en lograr que las operaciones de producción se lleven a cabo eficazmente, habrá que excluirla totalmente de la categoría de I y D.

1.2 Enseñanza y formación científicas y tecnológicas generalmente de tercer grado

Cabe definir la enseñanza y formación científicas y tecnológicas generalmente de tercer grado como sigue: todas las actividades de enseñanza y de formación especializadas de nivel superior no universitario, de enseñanza y de formación de nivel superior que conduzcan a la obtención de un título universitario, de formación y de perfeccionamiento postuniversitarios y de formación permanente organizada de científicos e ingenieros.

Las actividades citadas corresponden, en general, a los niveles de la CINE 5, 6 y 7 (véase el Apéndice B).

Esta categoría no solamente abarca las actividades de enseñanza y formación de alto nivel, llevadas a cabo en centros de enseñanza superior, universidades, etc., sino también los cursos de formación superior especializados, destinados al personal científico y técnico, que organizan unas instituciones públicas y no públicas que no forman parte integrante del sistema tradicional de educación.

Los centros de enseñanza de tercer grado no sólo proporcionan a los estudiantes una enseñanza de alto nivel sino que además llevan a cabo actividades de investigación y otras actividades de C y T. En este contexto integrado, los resultados de las actividades de I y D se divulgan y transmiten a menudo por conducto de la enseñanza universitaria.

Hay que disociar las actividades de "enseñanza y formación" de las de I y D y de los servicios científicos y tecnológicos. Por ello, los aspectos de la formación postuniversitaria relacionados con la investigación deben quedar incluidos en la I y D. Análogamente, las actividades de las bibliotecas universitarias, de los museos científicos o de las estaciones de ensayo, así como los trabajos realizados en instituciones de enseñanza superior no deberían figurar en el grupo de EFCT sino en los grupos correspondientes de servicios científicos y tecnológicos. Deben quedar también excluidas las actividades clínicas que se realicen en hospitales universitarios, que habrá que considerar como cuidados médicos especializados.

1.3 Servicios científicos y tecnológicos

Es éste el segundo grupo principal de "actividades relacionadas o conexas".

> Cabe definir los servicios científicos y tecnológicos (SCT) como sigue: todas las actividades relacionadas con la investigación y el desarrollo experimental que contribuyen a la generación, la difusión y la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos.

El común denominador de este complejo grupo de actividades científicas, que se define e ilustra más adelante, es la conexión directa e indirecta con la labor de I y D, de la cual cabe distinguirlas por el hecho de que no tienen carácter de innovación. Por consiguiente, todo trabajo que apunte a establecer nuevas metodologías, procedimientos y técnicas utilizados en esos servicios habrá de considerarse como de I y D.

Conviene tener presente que los SCT que figuran en la Recomendación han sido escogidos debido a la importancia que les atribuyen los responsables de la política científica, así como por su viabilidad estadística, y que no agotan toda la gama de servicios científicos y tecnológicos. Por ello, en la presente Guía reviste especial interés explicar la distinción entre sus definiciones y las de la I y D.

Los SCT pueden llevarse a cabo como actividades secundarias de una institución, con un tema principal diferente (por ejemplo, I y D, enseñanza) o en instituciones independientes y distintas creadas con ese fin (por ejemplo, institutos de información científica y tecnológica, oficinas o institutos de estadística, bibliotecas universitarias centrales, archivos, centros independientes de documentación, museos, jardines botánicos y zoológicos).

Los SCT pueden ser clasificados como sigue:

i) Servicios de C y T prestados por las bibliotecas, los archivos, los centros de información y documentación, los servicios de consulta, los centros de congresos científicos, los bancos de datos y los servicios de tratamiento de la información.

Esta categoría comprende las actividades de información y documentación de C y T cuya función consiste en facilitar información a los usuarios mediante la adquisición, el almacenamiento y la ordenación sistemática de libros, publicaciones periódicas y materiales gráficos y audiovisuales, así como mediante la gestión de los datos científicos conservados en computadora.

ii) Servicios de C y T proporcionados por los museos de ciencia o tecnología, los jardines botánicos y zoológicos y otras colecciones de C y T (antropológicas, arqueológicas, geológicas, etc.).

Esta categoría comprende también el suministro de información y documentación pero en un plano más práctico, debido a la índole del organismo que conserva la información.

iii) Actividades sistemáticas de traducción y preparación de libros y publicaciones periódicas de C y T.

Esta tercera categoría se refiere a las actividades nacionales encaminadas a facilitar al público en general el acceso a obras científicas extranjeras que en cualquier otro caso no sería fácil leer en la lengua original. Deben quedar excluídas todas las actividades de traducción y preparación de libros y publicaciones periódicas que no sean de C y T, así como los libros de texto de carácter escolar y universitario.

iv) Levantamientos topográficos, geológicos e hidrológicos; observaciones astronómicas, meteorológicas y sismológicas; inventarios relativos a los suelos, les vegetales, los peces, la flora y la fauna; ensayos corrientes de los suelos, del aire y de las aguas; control y vigilancia corrientes de los niveles de radiactividad.

Esta categoría comprende la recolección sistemática y habitual de datos e información en el campo de las ciencias exactas y naturales que llevan a cabo normalmente los servicios nacionales competentes, así como los laboratorios científicos y empresas y centros nacionales de acopio de datos.

v) Prospección y actividades asociadas, cuya finalidad sea localizar y determinar recursos petroleros y minerales.

Estas actividades sólo se diferencian de las del grupo iv) por su importancia vital para la producción de energía. Comprenden todas las actividades de prospección en las cuales se utilicen técnicas y métodos establecidos cuya finalidad inmediata consista en una explotación comercial, al paso que procederá adscribir a la I y D cualesquiera nuevos métodos de prospección (incluidas las nuevas combinaciones de técnicas ya conocidas).

vi) Recolección de información sobre los fenómenos humanos, sociales, económicos y culturales cuya finalidad consiste, en la mayoría de los casos, en recolectar estadísticas corrientes, por ejemplo: los censos demográficos, las estadísticas de producción, distribución y consumo, los estudios de mercado, las estadísticas sociales y culturales, etc.

Este grupo de actividades de recolección de datos corresponde esencialmente a las CSH. Los servicios antes citados, que suelen correr a cargo de oficinas centrales de estadística u otras instituciones oficiales o de empresas, se rigen por los principios ya expuestos en iv) y v).

vii) Ensayos, normalización, metrología y control de calidad: trabajos corrientes y ordinarios, relacionados con el análisis, el control y el ensayo de materiales, productos, dispositivos y procedimientos, mediante el empleo de métodos conocidos, junto con el establecimiento y el mantenimiento de normas y patrones de medida.

Estos servicios, que constituyen una actividad sistemática, suelen llevarse a cabo en instituciones oficiales como estaciones públicas experimentales y de ensayos, oficinas de pesos y medidas, oficinas nacionales de normalización y también como actividades secundarias en otras instituciones científicas. Entre otros, se trata por ejemplo, de ensayos y análisis físicos, biológicos o estadísticos; de ensayos de calidad del suelo o de los equipos de seguridad, etc.

En esta categoría no deben figurar las actividades habituales de control de calidad y de ensayos incorporadas a la producción industrial o que formen parte de ella.

Los ensayos específicos no habituales llevados a cabo con arreglo a actividades de I y D u otras actividades de C y T deben incluirse en las actividades de que formen parte. Por consiguiente, el ensayo de prototipos y las actividades de ensayo y prueba en una instalación experimental deberán corresponder a la I y D, con tal de que la finalidad primaria no sea comercial.

viii) Trabajos corrientes y regulares cuya finalidad consiste en aconsejar a clientes, a otras secciones de una organización o a usuarios independientes y en ayudarles a aplicar conocimientos científicos, tecnológicos y de gestión.

Esta categoría comprende también los servicios de divulgación y asesoramiento organizados por el Estado para los agricultores y para la industria, así como los informes de los expertos encaminados a facilitar la preparación y la realización de proyectos específicos, que no sean de I y D, y los estudios de factibilidad, que cabría calificar de investigaciones técnicas, relativos a proyectos de ingeniería propuestos en los cuales se utilicen técnicas establecidas, con objeto de proporcionar la información adicional necesaria para poder tomar una decisión sobre la realización. Las actividades habituales de las oficinas de planificación de proyectos o de ingeniería no deberán, sin embargo, incluirse en esta actividad.

ix) Actividades relativas a las patentes y licencias.

Estas actividades consisten en una labor sistemática de carácter científico, jurídico y administrativo sobre las patentes y licencias, y corren a cargo de organismos públicos, normalmente de las oficinas de patentes. Procede excluir las actividades similares que realicen las empresas comerciales.

La enseñanza y la formación en C y T generalmente de tercer grado (EFCT), por un lado, y los servicios científicos y tecnológicos (SCT), por otro, son las principales actividades "relacionadas" con la I y D y quedarán progresivamente incluidas en las compilaciones de estadísticas relativas a la ciencia. La Unesco ya comenzó los estudios iniciales sobre una metodología para la recolección de estadísticas relacionadas con la EFCT [4] y ha preparado una guía provisional para la recolección de estadísticas sobre actividades de información y documentación científicas y tecnológicas (IDCT) en el marco de las SCT [3].

La transición de la primera fase (que se refiere principalmente a las estadísticas de I y D) a la segunda se llevará a cabo gradualmente en función de la experiencia nacional e internacional al respecto, y por ello, aunque la presente Guía versa explícitamente sobre la I y D, se ha aludido a las actividades "relacionadas" que no tienen carácter de innovaciones.

CAPITULO II

PERSONAL CIENTIFICO Y TECNICO

1. Definición y alcance

Los dos principales indicadores de los factores que intervienen en las actividades de C y T son los recursos humanos y los gastos. Ambos deberán ser examinados simultáneamente y con arreglo a normas comunes, para que el análisis conjunto tenga sentido. Por supuesto, si son dos organismos distintos los encargados de la medición estadística de los recursos humanos y de los gastos, será muy importante que ambas instituciones estadísticas cooperen estrechamente.

Aunque han sido concebidas inicialmente para el personal de I y D, las definiciones y clasificaciones que se presentan en este capítulo son también aplicables al personal que se dedica a otras actividades C y T, una vez introducidas las modificaciones pertinentes.

Por ejemplo, el personal de categoría superior, que suele recibir el nombre de científicos e ingenieros en las estadísticas de I y D, puede llevar muy diversos títulos y ser descrito de muy diferentes modos, verbigracia: investigadores, tecnólogos, especialistas, profesionales, bibliotecarios, conservadores de museos, etc. Esto mismo se aplica a los técnicos, que pueden tener nombres diferentes en el caso de ciertas ACT que no sean de I y D, por ejemplo: auxiliar de biblioteca, programador de computadora, encuestador, fotógrafo, delineante, etc.

1.1 Cabe definir al personal científico y técnico como sigue: número total de las personas que participan directamente en las actividades de C y T en una institución o unidad y que reciben en general una remuneración a cambio de ello. Este personal debería comprender los científicos e ingenieros y los técnicos y el personal auxiliar definidos en la sección 2.

Para figurar en la medición estadística, el personal debe dedicarse directamente a actividades de C y T o prestar servicios directos a las mismas, y percibir una remuneración por su trabajo.

Esto presupone que todos los tipos de personal que sólo proporcionan servicios indirectos - por ejemplo, el personal de seguridad, de conserjería y de mantenimiento que se dedica a actividades generales de limpieza y vigilancia - debe quedar excluido de esa medición. Ahora bien, como sus servicios constituyen un elemento determinante para el buen funcionamiento de las instituciones de C y T, sus salarios deberán figurar entre los gastos generales (punto 3.1.2 del Capítulo III).

El criterio de incluir únicamente a las personas a quienes se remunera por su labor C y T está en consonancia con el hecho de que, por un lado, únicamente deben ser objeto de comparación internacional las actividades "institucionalizadas" y "estructuradas", y, por otro, este criterio garantiza la coherencia entre los datos relativos al personal y los referentes a los gastos correspondientes (costos laborales).

1.2 En cuanto al alcance de las estadísticas relativas al personal, han de abarcar a todos los residentes en el país, nacionales o no (es decir, también a los extranjeros), que cumplan los requisitos que se describen más adelante, con la exclusión de quienes trabajan directa o indirectamente para las organizaciones internacionales en el país, tanto residentes como no residentes.

Las estadísticas sobre el personal que se dedica a actividades científicas y tecnológicas deben abarcar, en principio, a todas las personas que hayan trabajado en las instituciones durante el año al cual se refiera la encuesta. Sin embargo, a nivel institucional, un recuento por persona no es necesariamente representativo de los niveles de esfuerzo, pues una fracción del personal puede trabajar en una institución solamente una parte del período considerado por el estudio mientas que otra fracción del personal puede estar empleada en la institución durante todo el período pero haber trabajado en una actividad específica a jornada parcial (cosa que suele ocurrir en las universidades). De igual manera, si la evaluación abarca a todos los empleados de la institución en cualquier momento del período examinado, su totalización a nivel nacional provocaría una doble imputación. Si consideramos las cifras relativas al empleo como sustitutos del nivel de actividad (tareas de I y D o de C y T), la utilización del concepto equivalente de jornada completa permitirá superar las dificultades señaladas (véase punto 3.3, pág. 33).

Los organismos que realizan encuestas se refieren a menudo al personal que trabaja simplemente en una fecha dada, indicada en el cuestionario, o en el momento preciso en el cual éste se contesta. Es el criterio de "la fecha fija". Cabe señalar que, aun siendo menos exacto que el recuento "uno por uno" durante un año, este sistema tiene la ventaja de resultar más práctico para quien ha de contestar el cuestionario. Además, si, como suele ocurrir, se trata de una fecha de mediados de año, resulta también estadísticamente fiable debido a los efectos compensatorios; ahora bien, cuando se estime oportuno habrá que complementar las cifras, obtenidas mediante este procedimiento, aunque fuera con estimaciones que podrían deducirse, por ejemplo, promediando durante el año las cifras utilizadas en diferentes momentos del año. En efecto, las cifras de personal deben armonizarse con los datos relativos a los costos de personal, que necesariamente se refieren a todo el período examinado en la encuesta. /En el punto 2 del Capítulo III puede verse una definición del año de referencia./

1.3 El personal de las instituciones de C y T debe clasificarse de varios modos, algunos de los cuales sólo se refieren al personal más especializado:

- según su función y sus calificaciones;
- según el nivel de enseñanza y los sectores de estudio;
- por ocupación;
- según el número (en régimen de jornada completa y en régimen de jornada parcial);
- según la nacionalidad;
- según el sexo;
- según la edad.

Estas clasificaciones, que proporcionan una información detallada y completa sobre el personal, se describen en el presente capítulo, a pesar de que en la primera fase de la extensión de las estadísticas de C y T (véase la Recomendación, reproducida en el Apéndice A) sólo se deberían utilizar algunas de ellas al presentar datos a la Unesco.

2. Clasificación según su función y sus calificaciones

La clasificación básica del personal de C y T, que tiene en cuenta a la vez la formación o las calificaciones y la función, se divide en tres categorías, que se definen como sigue:

2.1 Científicos e ingenieros

> Las palabras científicos e ingenieros designan a personas que trabajan como tales y utilizan o crean conocimientos y técnicas científicas así como principios tecnológicos; se trata, pues, de personas que poseen una formación científica o tecnológica y que realizan tareas profesionales en C y T, y de administradores y demás personal de categoría superior que dirigen la ejecución de actividades de C y T. (En el marco de estas actividades el término "científicos" es sinónimo de "investigadores y ayudantes de investigación" que se ocupan tanto de ciencias exactas y naturales como de ciencias sociales y humanas.)

Los criterios para la clasificación del personal son los siguientes:

i) Haber cursado estudios completos de tercer grado hasta la obtención de un título,

ii) Haber cursado estudios (o adquirido una formación) no universitarios de tercer grado, que no desemboquen en la obtención de un título universitario pero que, en el plano nacional, se reconozca que pueden abrir el acceso a una profesión científica o de ingeniería,

iii) Haber adquirido una formación o una experiencia profesional reconocidas como equivalentes en el plano nacional a uno de los dos tipos de formación precedentes (por ejemplo, condición de miembro de una asociación profesional, obtención de un certificado o de una licencia profesional).

Para poder utilizar una terminología que se amolde por igual a las CEN y a las CSH, sobre todo en relación con las actividades de C y T, en la categoría "científicos e ingenieros" de la anterior definición también se introdujeron las palabras "investigadores y ayudantes de investigación". Los títulos profesionales pueden variar de un país a otro y con respecto al tipo de actividad de C y T. También podrían utilizarse otros términos: bibliotecario, conservador, médico, tecnólogo, abogado, estadígrafo, actuario, etc.

2.2 Técnicos

La palabra técnicos designa a las personas que trabajan como tales en actividades de C y T y que han recibido una formación profesional o técnica en cualquiera de las ramas del saber o de la tecnología.

Los criterios para la clasificación del personal en esta categoría son los siguientes:

i) Haber cursado estudios completos del segundo ciclo de nivel secundario. En muchos casos, estos estudios van seguidos de uno o dos años de estudio de especialización técnica, sancionados o no por un diploma;

ii) Haber cursado tres o cuatro años de estudios profesionales o técnicos (sancionados o no por un diploma), después de haber terminado el primer ciclo de la enseñanza de nivel secundario;

iii) Haber recibido una formación en el propio lugar de trabajo o adquirido una experiencia profesional que, en el plano nacional, se consideren como equivalentes a los niveles de educación antes definidos en i) y ii).

Tomando como base estas clasificaciones, que tienen en cuenta a la vez la función y la formación o las calificaciones, habrá que clasificar como científicos, o ingenieros a quienes trabajen como tales, aunque no cumplan los requisitos en materia de instrucción enumerados en la definición de científicos e ingenieros; al mismo tiempo, habrá que clasificar como técnicos a quienes tengan un título universitario pero que trabajen de hecho como técnicos.

En general, los técnicos suelen participar en actividades de C y T bajo la supervisión de científicos e ingenieros que realizan tareas tales como el mantenimiento y el manejo de equipos y máquinas especializados de I y D (o de C y T), la preparación de materiales y equipos y la realización de experimentos, pruebas y análisis; puede tratarse de asistentes médicos, programadores de computadoras, inspectores, dibujantes o de los que realizan entrevistas o reúnen datos para las encuestas.

2.3 Personal auxiliar

La expresión personal auxiliar designa a las personas cuyas funciones están directamente asociadas a la ejecución de las actividades de C y T, a saber, el personal administrativo, de secretaría y de oficina, los obreros especializados, semiespecializados y no especializados en los diversos oficios y los demás tipos de personal auxiliar.

Todos los tipos de personal que sólo prestan servicios indirectos, como son los de seguridad, conserjería y mantenimiento, que se dedican a actividades generales "domésticas" deben medirse por separado, como grupo residual que no figure en los datos relativos a los recursos humanos (aunque se les tenga en cuenta al medir los gastos de I y D).

2.4 Debe advertirse que las categorías de "científicos e ingenieros" y "técnicos" se definen a la vez con arreglo al tipo de ocupación y a las calificaciones (ya que se toma en consideración a quienes tienen una experiencia profesional equivalente o han recibido formación en el puesto de trabajo), mientras que la categoría de "personal auxiliar" se define exclusivamente en función del tipo de ocupación (función).

Este doble criterio se debe al hecho de que el personal más capacitado puede identificarse fácilmente gracias a su competencia profesional, determinada por el nivel de enseñanza (calificación oficial) o un reconocimiento equivalente, mientras que el personal auxiliar se define mejor si se adopta el criterio del tipo de ocupación (función).

2.5 Cabe señalar que el criterio del nivel de enseñanza puede llamar a engaño si no se relaciona con el hecho de trabajar en la función apropiada. Por esta razón, en las definiciones antes citadas, se ha tenido en cuenta a las personas que tienen una formación incompleta y a los autodidactas que han demostrado su competencia en el sector científico y técnico. Por ejemplo, en los países donde el sistema de enseñanza ha empezado hace poco tiempo a dispensar una formación técnica puede ocurrir que ciertos técnicos no tengan un título oficial, pero según la definición de la Unesco se les puede considerar como "técnicos".

Ahora bien, ese mismo principio puede tener una aplicación opuesta: de hecho, es posible que personas que tengan un título o diploma desempeñen funciones de "técnicos", por ejemplo, para crear un nuevo programa o para realizar tareas de computación; pero, una vez normalizadas, tales tareas pueden ser realizadas por personas que aún no se han graduado. A veces, debido a que hay demasiados graduados en el servicio al empleador le resulta económico que ciertas funciones técnicas las realice personal bien capacitado. En estos casos, y según la definición anterior (punto 2.2), que se rige por un criterio laboral a la vez que educativo, esas personas deberán figurar en la categoría de "técnicos".

2.6 En el caso de las actividades de I y D, los directores o administradores de categoría superior, que normalmente no realizan actividades de I y D propiamente dichas pero que planifican, dirigen la ejecución, fiscalizan o proporcionan de cualquier otro modo servicios directos a la labor de I y D deben figurar en la categoría de "científicos e ingenieros" y no en la de "personal auxiliar". Asimismo, los estudiantes postuniversitarios o de postdoctorado, que quizás realicen actividades de I y D como parte integrante de un curso académico de estudios o de su formación, deberán figurar en esa misma categoría, de ser posible como subgrupo especial. Por supuesto, los ejemplos citados sobre actividades de I y D son igualmente aplicables para medir otras actividades de C y T.

3. Unidad de medida del personal de ciencia y tecnología

Se puede medir al personal científico y técnico por el número de personas que se dedican a actividades de C y T y por la cantidad de tiempo de trabajo dedicado a las actividades. También se pueden combinar ambos factores.

La índole de las actividades examinadas presupone que a veces el personal se dedica totalmente a una determinada actividad de C y T y a veces, debido a la estrecha conexión que existe entre varias actividades de C y T y entre ellas y otras (producción, distribución), consagra solamente una parte de su tiempo de trabajo a la actividad de que se trate.

Al presentar los datos sobre el personal, el elemento crucial es la cantidad de tiempo dedicado a la actividad de C y T. Con tal fin, se deben utilizar tres conceptos para medir los recursos humanos:

i) personal que trabaja en régimen de plena dedicación o jornada completa (JC);

ii) personal que trabaja en régimen de dedicación parcial o jornada parcial (JP);

iii) equivalente de jornada completa (EJC).

3.1 Personal que trabaja en régimen de jornada completa

> El personal científico y técnico que trabaje en régimen de jornada completa (JC) es el que dedica prácticamente todo su tiempo de trabajo a actividades de C y T.

El promedio del tiempo de trabajo considerado como jornada completa, según las disposiciones legales o los acuerdos, varía de un país a otro, e incluso en un mismo país según los diferentes sectores; no obstante, la base para la comparación internacional ha de ser del orden de 40 horas semanales.

Para simplificar, las horas extraordinarias no deben figurar en los cálculos estadísticos. Este criterio llevará a subestimar en cierto modo el tiempo total de trabajo dedicado a una determinada actividad de C y T, razón por la cual, los datos de personal serán ligeramente incompatibles con los de los costos salariales, en los cuales debe quedar también comprendida la remuneración correspondiente a las horas extraordinarias. Se debería reconocer, sin embargo, que esta distorsión, que probablemente tendrá un impacto muy limitado sobre los datos, debido también a efectos de compensación, resulta ineludible ya que sería imposible evaluar en cada caso las horas extraordinarias.

La definición de "jornada completa" antes citada presupone que solamente el personal que dedica a una tarea la mayor parte de su tiempo de trabajo ha de ser considerado como tal personal de jornada completa; en la práctica estadística,

el límite debería fijarse alrededor del 90 por ciento. Así pues, quienes dediquen más del 90 por ciento de su tiempo de trabajo a una determinada actividad de C y T deberán quedar clasificados en la categoría de jornada completa.

3.2 Personal que trabaja en régimen de jornada parcial

> El personal científico y técnico que trabaja en régimen de jornada parcial (JP) es el que reparte su tiempo de trabajo entre actividades de C y T y de otro tipo.

Esto presupone que dicho personal puede realizar al mismo tiempo más de un tipo de actividades de C y T (I y D, enseñanza de C y T, servicios de C y T) u otras actividades (por ejemplo, producción, distribución).

Por supuesto, si una misma persona se dedica a más de un tipo de actividades de C y T habrá que aplicar esa definición con respecto a cada una de ellas. Por ejemplo, si un profesor universitario consagra un 40 por ciento de su tiempo a actividades de I y D y un 60 por ciento a la enseñanza, al calcular el personal de I y D sólo habrá que tenerlo en cuenta en la proporción de un 40 por ciento.

Por razones de simetría con la definición anterior, en la categoría del personal de jornada parcial sólo deberán figurar quienes dediquen de un 10 a un 90 por ciento de su tiempo de trabajo a una determinada actividad de C y T, y habrá que excluir totalmente al personal que le dedique menos de un 10 por ciento, aproximadamente, de su tiempo.

3.3 Equivalente de jornada completa (EJC)

> El concepto de equivalente de jornada completa (EJC) se basa en la unidad de evaluación que corresponde a una persona que trabaja en régimen de plena dedicación durante un período dado. Se emplea esta unidad para convertir las cifras relativas al número de personas que trabajan en régimen de jornada parcial en un número equivalente de personas que trabajan a jornada completa.

Normalmente, los datos relativos al personal deben calcularse en EJC, especialmente en el caso de los científicos e ingenieros y de los técnicos. (Tratándose del personal auxiliar, el "equivalente de jornada completa" suele ser igual al número de personas de esta categoría, ya que habitualmente no dividen su tiempo de trabajo).

Se ha introducido el concepto de equivalente de jornada completa en las estadísticas relativas a la ciencia porque, al existir un fenómeno generalizado de trabajo en régimen de dedicación parcial (especialmente en las universidades), y

por el hecho de que algunas personas pueden haber trabajado en más de una institución durante el período considerado, el recuento por persona conduciría a sobreestimar los recursos humanos dedicados a una actividad de C y T dada. La utilización del equivalente de jornada completa puede reducir o resolver el problema.

Este concepto se basa en dos elementos:

i) número real de personas que trabajan en régimen de jornada parcial,

ii) porcentaje del tiempo de trabajo dedicado por ese personal a una actividad dada.

Un ejemplo puede ilustrar el modo de calcular el EJC: si dos de cada tres científicos de I y D trabajan durante una cuarta parte de su tiempo, y el tercero dedica tan sólo la mitad de su tiempo de trabajo a la labor de I y D, el EJC de esas tres personas será 0,25 + 0,25 + 0,50 = un científico en EJC. Por supuesto, cabe considerar el caso de la plena dedicación o jornada completa como un caso límite de dedicación parcial o jornada parcial en el cual el porcentaje es igual a 100 y, por consiguiente, una persona corresponde a un EJC.

Al igual que los datos sobre los gastos, los relativos al personal deben referirse a un período de tiempo determinado, que en el caso de las estadísticas relativas a la ciencia es el año. Por consiguiente, si durante un año dos científicos de I y D trabajan en régimen de jornada completa durante seis meses, la cifra correspondiente será de un científico en EJC. Debemos observar que, dado que estos datos de EJC se vinculan en principio con un año, los conceptos de EJC y de hombre-año pueden considerarse idénticos (con la salvedad, estipulada anteriormente, de excluir las horas suplementarias. Véase 3.1 supra).

4. Clasificaciones según el nivel de enseñanza y los sectores de estudio

El personal de las categorías de "científicos e ingenieros" y "técnicos" debería clasificarse según el nivel de enseñanza y el sector de estudio.

Se puede observar que estas dos clasificaciones tienen en cuenta la formación recibida, pero no indican ni la competencia adquirida gracias a la experiencia profesional o a una formación en el puesto de trabajo equivalentes a títulos oficiales, ni el hecho de que el personal que tiene un título en una especialidad puede estar trabajando en otra (por ejemplo, los químicos que se dedican a un trabajo agronómico, los ingenieros que trabajan en el campo de las ciencias médicas y sanitarias).

4.1 Clasificación según el nivel de enseñanza debiera abarcar cuatro categorías, determinadas en consonancia con la CINE (Clasificación Internacional Normalizada de la Educación) (véase el Apéndice B)*:

i) títulos de tercer grado de tipo universitario (CINE: 6-7);
ii) diplomas de tercer grado de tipo no universitario (CINE: 5);
iii) diplomas de segundo ciclo del nivel secundario (CINE: 3);
iv) otras calificaciones (CINE/ 1, 2 y 9).

---

* En la CINE, primero, segundo o tercer "grados" significan respectivamente niveles de primaria, secundaria y postsecundaria o superior

Confeccionando un cuadro de doble entrada en cuyas hileras figuren las dos categorías del personal científico y en las columnas las cuatro correspondientes al nivel de enseñanza (véase el Cuadro 1), cabe prever una concentración de los científicos e ingenieros en los grados 6 y 7 de la CINE y de los técnicos en el 3. Quienes tienen una formación correspondiente al grado 5 de la CINE figurarán en la primera o en la segunda hilera, según la práctica nacional. Los que figuran en los demás recuadros situados a la derecha de los anteriores serán los que tengan otros niveles de formación pero que han adquirido una experiencia profesional equivalente a la formación que se exige normalmente.

Cuadro 1

Categorías de personal de C y T	Grados de la CINE			
	6,7	5	3	1,2,9
Científicos e ingenieros				
Técnicos				

4.2 Clasificación según los sectores de estudio

La clasificación según los sectores de estudio en materia de ciencia y tecnología debe relacionarse con los siguientes grupos de sectores de la CINE:

Campos de la ciencia y la tecnología	Principales sectores de estudio de la CINE
Ciencias exactas y naturales	42. Programas de ciencias naturales 46. Programas de matemáticas e informática
Ingeniería y tecnología	52. Programas de artes y oficios industriales (n.c.o.e.) 54. Programas de ingeniería y tecnología 58. Programas de arquitectura y urbanismo 70. Programas de transportes y comunicaciones
Ciencias médicas	50. Programas médicos y sanitarios
Ciencias agrícolas	62. Programas de enseñanza agronómica, dasonómica y pesquera (haliéutica)
Ciencias sociales y humanas	14. Programas de formación de personal docente 18. Programas de bellas artes y artes aplicadas 22. Programas de humanidades 26. Programas de religión y teología

Campos de la ciencia y la tecnología	Principales sectores de estudio de la CINE
Ciencias sociales y humanas (Cont.)	30. Programas de ciencias sociales y del comportamiento 34. Programas de enseñanza comercial 38. Programas de derecho y jurisprudencia 66. Programas de economía doméstica (enseñanzas del hogar) 84. Programas de documentación y de comunicación de masas
Otros campos	01. Programas generales 08. Programas de alfabetización 78. Programas relativos al sector de los servicios 89. Otros programas (por ejemplo, los militares)

Los seis campos generales de la ciencia y la tecnología corresponden a la reagrupación de los 21 sectores de estudio de la CINE que cabe encontrar en relación con las categorías de enseñanza (basadas en los grados). Procede señalar, sin embargo, que ciertos sectores no existen en cada uno de los grados de la CINE, por ejemplo, no hay programas de derecho y jurisprudencia en los grados 2 o 3, mientras que los de alfabetización solamente figuran en el grado 1.

5. Otras clasificaciones

En la labor de planificación y formulación de la política científica se requiere un análisis bastante completo del potencial humano que se dedica a actividades de C y T. La recolección de datos sobre ciertos aspectos, tales como ocupación, nacionalidad, edad y sexo, queda incluida en las estadísticas relativas a la ciencia, que han de proporcionar información sobre los indicadores más pertinentes del fenómeno examinado.

5.1 Clasificación según la ocupación

Además de su clasificación por nivel de formación formal o por la función, como se indica en los puntos 2.1 a 2.3, cabe también clasificar al personal científico y técnico según la ocupación. En esta modalidad de clasificación se puede recurrir a un plan como el de la Clasificación Internacional Uniforme de las Ocupaciones (CIUO) [10], que se basa en criterios laborales, principalmente en el tipo de trabajo que se lleva a cabo en cada ocupación, independientemente de la organización en la cual se realice o del nivel de formación de las personas. Procede señalar, sin embargo, que en la CIUO no hay categorías especiales para el personal de C y T en todos los campos científicos; por ello, sería necesario determinar cuáles son las funciones que se ajustan a los requisitos de las estadísticas relativas a la ciencia y reagruparlas con arreglo a las tres categorías de personal de C y T.

En la actualidad, no se piensa en esta clasificación, aunque se hayan propuesto ciertas iniciativas al respecto con miras al desarrollo a largo plazo de las estadísticas relativas a la ciencia y la tecnología.

5.2 Clasificación por nacionalidad, edad y sexo

Cabe analizar un cierto número de otras características específicas del personal con objeto de llegar a conocer mejor el potencial humano que se dedica a actividades de C y T.

Todo el personal debe clasificarse según el sexo.

El personal correspondiente a las categorías "científicos e ingenieros" y "técnicos" debe clasificarse también según:

- la nacionalidad (distinguiendo únicamente entre los nacionales y los no nacionales);
- la edad, con arreglo a los siguientes grupos de edad: menos de 30 años, 30 a 39, 40 a 49, 50 a 59 y 60 años o más.

Procede señalar que toda esta información, que da una visión bastante completa del personal de C y T, se reunirá en forma gradual, con arreglo al orden de prioridad establecido en la Recomendación.

6. Recursos humanos científicos y técnicos potenciales

La planificación y formulación de la política científica requiere el conocimiento, especialmente en los países en desarrollo, del volumen total de los recursos humanos más capacitados, a saber, la disponibilidad total y el número de personas económicamente activas que tienen las calificaciones necesarias para quedar clasificadas como científicos, ingenieros y técnicos.

6.1 Total de mano de obra calificada

> El total de mano de obra calificada comprende el número total de personas que tienen las calificaciones estipuladas para el personal de las categorías de "científicos e ingenieros" y "técnicos", cualesquiera que sean su actividad económica (producción, actividades de C y T, profesiones liberales, sin ocupación remunerada, etc.), su edad, su sexo, su nacionalidad o sus demás características, presentes en el territorio nacional de un país en una fecha dada.

Procede destacar que en esta definición (así como en la de "personas calificadas económicamente activas" que figura a continuación) el criterio de inclusión consiste simplemente en la "calificación necesaria", mientras que en la definición "científicos e ingenieros" y "técnicos" (véanse puntos 2.1 y 2.2), el criterio de inclusión se limita a los que "están trabajando como tales". Esta definición restringida no ofrece un inventario de toda la mano de obra calificada (es decir, los científicos, ingenieros y técnicos potenciales) de un país dado. Frecuentemente, las personas que se capacitaron en ciencia e ingeniería, o que recibieron formación

técnica o profesional, no trabajan en actividades de C y T por diversas razones, que van desde la falta de puestos hasta un cambio de interés. No obstante, esas personas siguen constituyendo una reserva utilizable de personal para actividades de C y T.

6.2 Número de personas calificadas económicamente activas

> El número de personas calificadas económicamente activas es el número total de personas que tienen las calificaciones estipuladas para el personal de las categorías de "científicos e ingenieros" y "técnicos", y que están trabajando o buscando activamente trabajo en una rama cualquiera de la economía en una fecha dada.

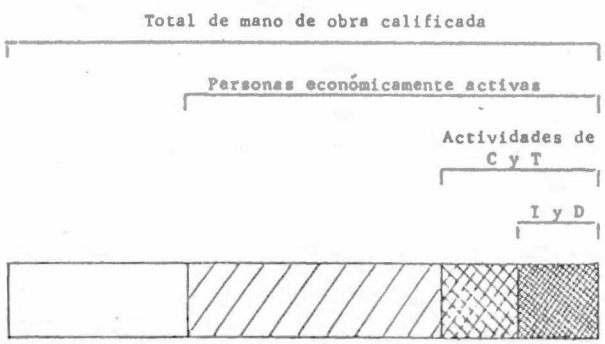
Si, por razones prácticas, surge un problema de exclusión mutua al recolectar los datos, convendrá elegir la segunda definición.

Para exponer el diferente alcance de estas dos definiciones, cabe decir que el número de personas calificadas incluye a todas las personas residentes en el país (sea cual fuere su nacionalidad o su país de origen) que tienen la calificación necesaria (si bien ésta no siempre puede evaluarse; véase infra) - adquirida en el sistema de enseñanza o mediante la experiencia profesional - para trabajar como científicos, ingenieros y técnicos (con el concepto intrínseco de potencialidad).

El número de personas calificadas económicamente activas es la parte del total que o está trabajando o buscando activamente un trabajo (según la definición utilizada en cada país o en las estadísticas laborales).

En la Recomendación sobre la normalización internacional de las estadísticas relativas a la ciencia y la tecnología, se utilizan las expresiones "número total de científicos, ingenieros y técnicos (CIT)" y "número de CIT económicamente activos" para designar respectivamente lo que llamamos ahora "Total de mano de obra calificada" y "Número de personas calificadas económicamente activas".

El siguiente esquema indica la relación que existe entre esos dos conjuntos y el grupo de CIT que se dedican realmente a actividades C y T.



El recuadro en blanco representa a las personas que, aun reuniendo los requisitos necesarios, están al margen del mercado laboral (por ejemplo, amas de casa, jubilados), el rayado a las personas que trabajan en todas las ramas de la economía (salvo las que se dedican a actividades de C y T) o que buscan activamente trabajo; y el cuadriculado a la proporción del total que se dedica realmente a actividades de C y T (algunas de ellas en régimen de jornada completa y otras en régimen de jornada parcial), y parte de las cuales corresponde a actividades de I y D, ilustrada con el cuadriculado más denso.

No es posible reunir los datos sobre el total de mano de obra calificada y sobre el número de las económicamente activas mediante la encuesta nacional sobre las actividades de C y T, pero normalmente se obtendrán gracias al censo demográfico periódico o realizando encuestas sobre el personal, así como recurriendo a otras fuentes nacionales (registros de asociaciones profesionales, publicaciones, encuestas y estudios especiales, ficheroa de las agencias de contratación, etc.). Procede recordar que, como los datos necesarios procederán de las diversas fuentes antes citadas, que se rigen por sus propias normas y definiciones, no cabe pensar que la estructura de esos datos corresponda exactamente a las definiciones propuestas del personal que se dedica a actividades de C y T. Por ello, es indispensable que haya una estrecha cooperación entre los estadísticos de C y T y las autoridades responsables de los censos. Si los conceptos nacionales difieren de los indicados supra (por ejemplo, si sólo conciernen a los que están empleados en la economía nacional, o si no incluyen a las personas sin empleo), y si se utilizan tales conceptos cuando se comunican informaciones a nivel internacional, habrá que especificarlo en la debida forma.

Será especialmente difícil identificar a los "científicos e ingenieros" que hayan recibido una formación y tengan una experiencia profesional equivalentes a una calificación formal de tercer grado de enseñanza, o a los "técnicos" que hayan recibido formación en el puesto de trabajo y que tengan una experiencia profesional equivalente a una calificación formal de nivel secundario de enseñanza. En todo caso, las cifras procedentes de esas fuentes serán sólo estimaciones y, por definición, estarán expuestas a un cierto margen de error.

Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)

Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial. Ministerio de Industria y Energia. (España)

La medición de las actividades científicas y técnicas

CAPITULO I.
OBJETIVOS Y ALCANCE DEL MANUAL

1.1. BREVE INTRODUCCION PRELIMINAR A LA ATENCION DE LOS QUE UTILIZAN DATOS DE I + D.

1. Este Manual ha sido redactado por y para los expertos nacionales de los países miembros de la OCDE que recopilan y publican datos nacionales relativos a I + D y que envían sus conclusiones a fin de que sirvan para la confección de los estudios sobre I + D que dicha organización realiza cada dos años, ayudada por su personal de la Unidad de Indicadores de Ciencia y Tecnología. Este personal recoge y publica las mencionadas conclusiones realizadas por los expertos nacionales y efectúa comparaciones entre ellas. Aunque se hace uso del mayor número posible de ejemplos, este Manual, a partir del capítulo II, sigue siendo un documento de carácter esencialmente técnico, pensado fundamentalmente para que se utilice como referencia.

2. El capítulo presente se dirige principalmente a los no expertos y, por tanto, su finalidad es introducirlos en el tema. Incluye un resumen del ámbito y del contenido del Manual, lo cual puede ayudar a utilizarlo y comprenderlo debidamente. También se indica por qué se obtienen o no determinadas clases de datos, los problemas que éstos plantean a la hora de efectuar comparaciones y ciertas observaciones sobre la exactitud de los mismos.

1.2. LA RELACION ENTRE EL MANUAL DE FRASCATI Y OTRAS NORMAS INTERNACIONALES.

3. La I + D es una actividad que se realiza en todos los sectores de la economía, pero que posee determinadas características especiales que la diferencian de la familia más amplia de las actividades científicas y de las economías de las que forma parte.

4. Por tanto, el Manual de Frascati responde a las recomendaciones efectuadas por la UNESCO relativas a todas las actividades científicas y tecnológicas, pero específicamente hace referencia a la I + D y a las necesidades de los países miembros de la OCDE que poseen sistemas científicos y económicos parecidos, lo que los distingue de aquéllos otros países que no lo son. No obstante, se utilizan, en la medida de lo posible, las clasificaciones de las Naciones Unidas, como, por ejemplo, el Sistema de Contabilidad Nacional (SNA), la Clasificación Internacional Tipo de Actividades Industriales (ISIC), la Clasificación Internacional Tipo de Ocupaciones (ISCO), la Clasificación Internacional Tipo de Educación (ISCED), si bien, en algunos casos, ha habido que realizar adaptaciones a fin de amoldarlas a las peculiaridades y exigencias de la I + D. Además, el Manual trata de aprovechar la experiencia acumulada de los organismos regionales dentro del área de la OCDE, especialmente Nordforsk (Consejo Escandinavo para la Investigación Aplicada) y las Comunidades Europeas (CEE).

1.3. I + D Y ACTIVIDADES CONEXAS

1.3.1. Investigación y Desarrollo Experimental (I + D)

5. El Manual solamente trata de los problemas de la medición de la investigación y el desarrollo experimental (Investigación básica, Investigación aplicada y Desarrollo Experimental). En el capítulo II puede encontrarse una definición completa de estos conceptos.

6. La I + D es una actividad que está relacionada con numerosas obras de base científica y tecnológica. Aunque estas otras actividades están a menudo estrechamente relacionadas con la I + D por medio de flujos de información, en términos de personal, así como operativa e institucionalmente, tienen que quedar excluidas cuando se trata de proceder a la medición de la I + D. La I + D y estas actividades conexas pueden

ser examinadas bajo dos aspectos: el grupo de las actividades científicas y tecnológicas y el proceso de innovación científica y tecnológica.

1.3.2. .Actividades científicas y Tecnológicas.

7. El concepto de actividades científicas y tecnológicas ha sido desarrollado por la UNESCO. En consecuencia, y de acuerdo con su "Recomendación sobre la normalización internacional de estadísticas sobre Ciencia y Tecnología"*, las actividades científicas y tecnológicas comprenden:

> "...aquellas actividades sistemáticas, estrechamente relacionadas con la generación, promoción, difusión y aplicación del conocimiento científico y técnico en todos los campos de la ciencia y la tecnología. Incluyen actividades tales como I + D, la enseñanza y la formación científico-técnicas y los servicios científicos y técnicos..."

La I + D (cuya definición por la UNESCO es similar a la que de ella realiza la OCDE) debe, así pues, diferenciarse de la enseñanza y formación científico-técnicas, como de los servicios científicos y técnicos. La enseñanza y la formación científico-técnicas comprenden:

> "...todas aquellas actividades de enseñanza y de formación de nivel superior especializado no universitario, de enseñanza y formación superiores tendentes a la obtención de un título universitario, de formación y de perfeccionamiento pos-universitario y de formación permanente organizada de científicos e ingenieros. Estas actividades Estas actividades se corresponden en términos amplios con las de los niveles 5, 6 y 7 de la Clasificación Internacional Tipo para la Educación (ISCED).

Los servicios científicos y técnicos se definen como... "aquellas actividades vinculadas a la investigación y al desarrollo experimental que contribuyen a la creación, difusión y aplicación del conocimiento científico y técnico". La UNESCO los divide en nueve apartados a efectos de encuesta; estas actividades se pueden resumir de la forma siguiente:

- Servicios científicos y técnicos de Bibliotecas, etc.
- Servicios científicos y técnicos de Museos, etc.
- Traducciones, publicaciones, etc., de documentación y literatura referente a Ciencia y Tecnología.
- Trazados e informes (geológicos, hidrológicos, etc.).
- Análisis prospectivos.
- Obtención de datos referentes a fenómenos socio-economicos.
- Comprobación, normalización, control de calidad, etc.
- Asesoramiento a clientes, incluyendo los servicios públicos para asesorar en temas agrícolas e industriales.
- Actividades de organismos públicos, relacionadas con patentes y licencias.

8. Una buena parte del capítulo II de este Manual trata de las definiciones y convenciones que han de aplicarse a fin de distinguir la I + D que ha de ser medida, de la enseñanza y formación científico-técnicas y de los servicios científicos y técnicos que no son medidos. Dado que las definiciones específicas de la UNESCO sobre servicios científicos y técnicos no siempre se adaptan a las necesidades de I + D, que tienen un carácter más restringido (por ejemplo, los museos a menudo incluyen actividades de I + D entre sus actividades científicas y técnicas), en el capítulo II del presente Manual se utiliza una clasificación ligeramente distinta. Por esta misma razón, la definición de enseñanza y formación científico-técnicas del capítulo II difiere un poco de la definición de la UNESCO, anteriormente mencionada, en lo que se refiere a los estudios posteriores al primer título universitario, parte de los cuales pueden considerarse como I + D en las encuestas realizadas por la OCDE.

1.3.3. La I + D y la Innovación Científica y Tecnológica

9. La innovación científica y tecnológica puede ser considerada como la transformación de una idea en un producto vendible nuevo o mejorado, o en un proceso operativo en la industria y el comercio, o en un nuevo método de servicio social. Por tanto, comprende todas aquellas etapas científicas, técnicas, comerciales y financieras necesarias para el desarrollo y comercialización con éxito de productos manufacturados nuevos o mejorados, para la utilización comercial de nuevos o mejorados procesos y equipos, o para la introducción de un nuevo método de servicio social. La I + D es sólo una de esas etapas.

10. Además de la I + D, se pueden a menudo distinguir seis actividades en el proceso de innovación*:

I) La comercialización de nuevos productos cubre el conjunto de actividades necesarias para introducir con éxito en el mercado un nuevo producto o proceso. Sus costes se derivan de la investigación y pruebas de mercado; cubren los gastos puntuales de establecimiento de redes de distribución, servicios de venta y pos-venta y publicidad, así como los de la campaña publicitaria inicial.

II) Las actividades relacionadas con patentes consisten en el depósito de solicitudes de patente y en la búsqueda de patentes anteriores, relacionadas con el producto o el proceso que se introduce o mejora.

III) Pueden necesitarse cambios financieros y organizativos a fin de financiar la innovación y

* Ver Bibliografía. El asterisco (*) indica siempre referencia a la Bibliografía.

permitir que la empresa pueda explotarla con éxito. Se incluyen los costes puntuales ocasionados por la planificación financiera, la movilización de capitales, y la obtención de fondos adicionales, la reestructuración de la empresa, y el perfeccionamiento del personal de ventas y mantenimiento. Se excluyen, en cambio, los intereses pagados por los préstamos obtenidos, así como el lucro cesante como consecuencia de la financiación con fondos propios.

IV) Por estudios de ingeniería y diseño relativos al producto final se entiende la posterior modificación de un producto o proceso, una vez que ha finalizado la fase de I + D, a fin de satisfacer los requerimientos del mercado o de la producción. Por ejemplo, comprende el coste del diseño industrial a fin de alcanzar un valor estético, así como el de preparar listados de componentes del producto y especificaciones técnicas.

V) La puesta a punto del utillaje y de la ingeniería industrial comprende todas las variaciones que se producen en los equipos y utillajes de producción, en los procesos de producción y de control de calidad, y en los métodos y normas exigidos para fabricar el nuevo producto o para utilizar el nuevo proceso.

VI) El lanzamiento de un proceso de fabricación comprende el coste de reciclaje del personal para entrenarlo en las nuevas técnicas o en el empleo de nueva maquinaria, el coste de las series de ensayo para lanzamiento de la producción en serie, así como el coste de las piezas que resulten dañadas a causa de la utilización de equipos y procedimientos defectuosos y de errores de los operadores.

11. Es más, en el caso de innovaciones basadas en programas estatales de I + D, puede producirse una etapa significativa de "demostración" a lo largo del proceso. "Una demostración consiste en un proyecto que implica la existencia de una innovación que va a operar plenamente en unas condiciones lo más parecidas posible a las normales, con el fin de, a) formular una política nacional, o b) promover la utilización de la innovación". Debe destacarse que los datos recogidos y publicados por la Agencia Internacional de la Energía para la OCDE abarcan los conceptos de Investigación, Desarrollo y Demostración (ID + D)*.

12. Probablemente, la mayor fuente de errores a la hora de medir la I + D reside en la dificultad de trazar una frontera entre desarrollo experimental y actividades conexas necesarias para la realización de una innovación. Los errores a este respecto son especialmente significativos puesto que, a pesar de que numerosas innovaciones pueden precisar de una I + D costosa, los costes del paso de la invención a la producción son, con frecuencia, todavía más elevados. La sección 2.3.4. del Capítulo II da instrucciones, convenciones y ejemplos que permiten resolver estos problemas.

1.4. INPUT Y OUTPUT DE I + D

13. El término "Estadísticas de I + D" abarca una gama amplia de posibles series estadísticas, en la que se miden los recursos dedicados a I + D, sus distintas etapas y los resultados de esta actividad. Actualmente solo se incluyen los inputs en las estadísticas de I + D y, en consecuencia, así se efectúa en este Manual. Esto es lamentable puesto que interesan más los nuevos conocimientos e invenciones que resultan de la I + D que la actividad propiamente dicha.

14. En el anexo II, "La Medición del Output de I + D", se examinan las diferentes formas de medición del Output de I + D. Aunque los indicadores del output de I + D pueden ser más útiles que las estadísticas del input, son muchos más difíciles de definir y de obtener. Se necesita un mayor volumen de trabajos metodológicos antes de que pueda recomendarse un tipo de métodos normalizados internacionales.

15. Por el momento, las estadísticas del input han mostrado ser indicadores valiosos, como se ha visto en diferentes informes nacionales e internacionales, por ejemplo, "Evolución de la I + D industrial en algunos países miembros de la OCDE, 1967-75"* así como la serie de "Indicadores de la Ciencia"* de la National Science Board de EE. UU. Suministran mediciones útiles del volumen y orientación de la I + D en diferentes países, sectores, industrias, campos científicos y otras categorías de clasificación. Los Departamentos de la Administración que tienen a su cargo tareas relacionadas con el crecimiento económico y la productividad han de hacer uso y confiar en estadísticas de I + D como uno de los indicadores del cambio tecnológico. Los asesores en el campo de la política científica y en el de la política industrial, e incluso en el de la política económica y social, también han de hacer gran uso de las mismas. Hoy en día las estadísticas de I + D constituyen uno de los elementos de base esenciales para muchos programas estatales y proporcionan un instrumento importante para su evaluación.

1.5. CIENCIAS EXACTAS E INGENIERIA Y CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

16. El Manual no se refiere solamente a la I + D relativa a las Ciencias Exactas, Naturales e Ingeniería, las cuales abarcan las ciencias físicas, las ciencias de la vida, incluyendo las ciencias médicas y agrícolas así como la ingeniería, sino que también abarca la I + D en Ciencias Sociales y Humanidades.

17. Las dos primeras versiones del Manual solo abarcaban las Ciencias Exactas, Naturales e Ingeniería. Las Ciencias Sociales y Humanidades fueron incorporadas en la tercera revisión efectuada en 1974. Aunque el Manual recomienda la adopción de algunos métodos normalizados, hay que admitir, por distintas razones, algunas desviaciones con respecto a las normas para el caso de las Ciencias Sociales y Humanidades. La experiencia en los diferentes países miembros no ha sido la misma: en algunos se ha visto que las encuestas pueden abarcar todas las ciencias, cualquiera que sea el sector considerado, mientras que en otros se ha visto que los procedimientos comunes no eran siempre los más apropiados. Por ejemplo, muy pocos países recopilan datos de I + D relativos a Ciencias Sociales y Humanidades en la industria.

18. Los problemas específicos que se plantean en la medición de la I + D en las Ciencias Sociales y Humanidades serán recogidos y examinados en los diferentes capítulos del Manual.

1.6. MEDICION DE LOS INPUTS DE I + D

19. A efectos estadísticos se miden dos inputs: los gastos en I + D y el personal empleado en estos trabajos. Ambos se miden normalmente sobre una base anual: la cantidad gastada durante un año y las personas-año empleadas en el mismo. Ambas mediciones tienen sus puntos fuertes y sus puntos débiles por lo que, en consecuencia, ambas son necesarias a fin de poder recoger adecuadamente el esfuerzo dedicado a I + D.

1.6.1. Gastos de I + D

20. La medida básica consiste en "los gastos internos", es decir, todos los gastos de I + D que se realizan en el seno de una unidad estadística o sector de la economía. Se miden tanto los gastos corrientes como los gastos de capital. No se incluyen las provisiones para amortización. En el capítulo V del Manual (ver 5.3.2) se dan más detalles del ámbito y contenido de los gastos de I + D.

21. La I + D es una actividad en la cual tienen lugar transferencias importantes de recursos entre unidades, organismos y sectores, especialmente entre la Administración y los demás ejecutores. Es importante para los asesores en materia de política científica saber quién financia la I + D y quién la ejecuta. El capítulo V se refiere a las diferentes formas de localizar la fuente de los fondos destinados a I + D. Ha de acentuarse el hecho de que la identificación de los flujos de fondos deben basarse en las respuestas efectuadas por quienes ejecutan tareas de I + D y no en aquéllas que provienen de quienes la financian (véase 5.3.3). Se sugieren recomendaciones para el tratamiento de los "Fondos Generales Públicos de las Universidades", es decir aquella parte de la investigación universitaria que es financiada mediante subvenciones de carácter general emanadas de los Ministerios de Educación y que se destinan tanto a la enseñanza como a la investigación. Estos fondos pueden llegar a representar hasta un 90% del total de la investigación universitaria y constituyen una parte importante del total que el sector público destina a la I + D.

22. El principal inconveniente de las series de inputs de I + D, si se expresan en términos monetarios, es que se ven afectadas por las diferencias de precios en el tiempo y entre países. Puede mostrarse que en muchos casos el índice general de precios (tal como el deflactor implícito del Producto Interior Bruto) no refleja con exactitud la evolución de los precios de la I + D. Tampoco los tipos de cambio corrientes reflejan necesariamente la similitud de los precios de la I + D entre países. En el capítulo VII se analizan los métodos para cálculo de deflactores especiales y tipos de cambio de I + D.

1.6.2. Personal de I + D

23. El personal es algo que puede medirse con mayor concreción y, dado que los costes de mano de obra normalmente suponen alrededor del 50% al 70% del total de los gastos de I + D, da una idea bastante ajustada de los esfuerzos consagrados a corto plazo a I + D. El conocimiento a más largo plazo de los efectivos dedicados a I + D es también de importancia fundamental. A menos que se pueda disponer de personas con ciertas cualificaciones y experiencia, es casi imposible realizar una I + D organizada. La educación y formación constituyen procesos largos; en consecuencia, los datos relativos al personal son esenciales para planificar una política científica realista.

24. Los datos relativos al personal de I + D, menos amplios en su ámbito que la mayoría de los datos referidos a gastos, no se ven, en cambio, afectados de la misma manera por las diferencias de valor de la moneda. No obstante, existen problemas cuando se trata de reducirlos a su equivalente en dedicación plena o en número de personas año (véase la sección 5.2.3).

25. El esfuerzo nacional de I + D necesita la participación de una amplia variedad de personas: desde un Premio Nobel hasta una secretaria; desde el especialista de investigación espacial hasta el que tiene a su cargo la cría de animales de laboratorio. A causa de la amplia gama de cualificaciones, y conocimientos requeridos, es esencial establecer categorías para clasificar a este personal.

26. Existen hoy en día dos sistemas utilizados por los países miembros de la OCDE para clasificar a las personas que realizan actividades de I + D. La sección 5.2.4 del Manual contiene definiciones para establecer tanto una clasificación por funciones u ocupaciones (adaptada en lo posible a Clasificación Internacional Tipo de Ocupaciones (ISCO)* como por nivel de cualificación formal (basada en su totalidad en la Clasificación In-

ternacional Tipo para la Educación) (ISCED)*. Aunque sería deseable disponer de datos basados en ambos criterios, la mayoría de los países miembros sólo utilizan uno de ellos. Esto significa que para la mitad de los países del aérea de la OCDE, solamente existen datos por ocupaciones y para la otra mitad sólo por cualificaciones, lo cual plantea serios problemas a la hora de establecer comparaciones internacionales. Podría pretenderse que en un sistema eficaz no debiera existir gran diferencia entre los dos criterios, por ejemplo, que todos aquéllos empleados como investigadores poseyeran título universitario y que, en sentido contrario, todos los titulados universitarios que realizasen actividades en I + D fueran empleados como investigadores. En la práctica, esto no es totalmente cierto. Por ejemplo, algunos investigadores de cierta edad no poseen títulos universitarios, aun cuando posean otras cualificaciones post-secundarias o experiencia más que suficiente. Inversamente, un número creciente de jóvenes titulados universitarios no son empleados como investigadores, sino como técnicos, secretarios, etc.

1.6.3. Medios físicos disponibles para I + D

27. Los indicadores de los medios físicos disponibles que facilitan la I + D, si bien están concretados a nivel teórico, raras veces son obtenidos y de hecho no se tratan en el Manual. Material normalizado, bibliotecas, laboratorios, suscripciones a revistas y periódicos, tiempo de utilización de ordenadores, etc., podrían ser posibles formas de indicadores.

1.6.4. Esfuerzos nacionales en materia de I + D

28. Aunque las actividades en I + D se desarrollan a través de toda la economía, a efectos de política científica se consideran como un conjunto nacional, a saber, el "esfuerzo nacional en I + D". Uno de los objetivos del Manual es, por lo tanto, establecer especificaciones para los datos de I + D que pueden ser recopilados de una amplia gama de ejecutores de esta actividad, pero que también pueden ser agregados a fin de poder obtener totales nacionales significativos. El principal agregado que se utiliza a efectos de comparación internacional es el Gasto Interior Bruto en I + D, que comprende todos los gastos en I + D que se realizan en el territorio nacional en un año dado. Comprende la I + D que se lleva a cabo en el interior del país, aunque sea financiada desde el exterior, y excluye los fondos destinados a I + D que se envían al exterior, en especial, a organismos internacionales. La medición equivalente para el personal no recibe un nombre especial. Comprende todo personal que trabaja en I + D en el territorio nacional durante un año dado. En ocasiones, las comparaciones internacionales quedan restringidas a los investigadores (o a los titulados universitarios) ya que son considerados el elemento central del sistema de I + D.

1.7. SISTEMAS DE CLASIFICACION DE LA I + D

29. A fin de poder comprender la actividad de I + D y el papel que desempeña, hay que estudiarla tanto desde el punto de vista de las organizaciones que la financian y realizan (clasificación institucional) como desde el punto de vista de la naturaleza misma de sus programas (distribución funcional).

30. Normalmente se utilizan clasificaciones de carácter institucional cuando se realizan estudios nacionales o internacionales en I + D ya que facilitan su realización, si bien se combinan con clasificaciones de carácter funcional, a fin de conseguir un mayor entendimiento de la situación que emana de las estadísticas.

1.7.1. Clasificaciones Institucionales

31. Según este enfoque, el interés se centra en las características de las instituciones que financian y realizan la I + D. Todas las unidades se clasifican según su actividad principal (económica). Con este criterio institucional, el conjunto de los recursos para I + D de la unidad de clasificación se encuadra en una categoría o subcategoría. La ventaja de este criterio es que los datos de I + D son generalmente recopilados en el mismo marco en que se recopilan las estadísticas económicas de carácter regular, lo que facilita la realización de las encuestas y facilita las comparaciones entre los datos de I + D y otros datos económicos. La principal desventaja es que no describe con exactitud las actividades en I + D de la unidad, que no siempre pueden estar directamente relacionadas con su actividad "oficial".

32. El capítulo III del Manual trata de las clasificaciones institucionales que se utilizan. A fin de asegurar el mayor grado de comparabilidad con las estadísticas económicas o sociales, estas clasificaciones se basan, en tanto sea posible, en las utilizadas por las Naciones Unidas. La principal clasificación institucional de los esfuerzos nacionales en I + D es la clasificación por sectores. Se establecen cinco sectores: Empresa, Administración, Instituciones privadas sin ánimo de lucro, Educación Superior y Exterior. Para tres de los cuatro sectores nacionales (Empresa, Instituciones sin ánimo de lucro y Educación Superior) se establecen subclasificaciones, sugiriéndose otras subdivisiones adicionales de carácter institucional, destinadas a mostrar las diferencias internacionales en lo que se refiere a sectorización.

1.7.2. Distribuciones funcionales

33. Según este criterio, que será examinado en el capítulo V, el interés se centra en el carácter de la I + D propiamente dicha. En este análisis funcional, la naturaleza de las actividades de I + D realizadas por la uni-

dad considerada es sometida a examen, desglosándose las actividades en varias formas, a fin de mostrar su distribución por tipo de actividad, por grupos de productos, por objetivos, por campos científicos en detalle, etc. Así, el criterio funcional proporciona datos mucho más detallados que el institucional y, dado que las diferencias internacionales de estructura de las instituciones de un país a otro ejercen menos influencia, en teoría son más comparables internacionalmente. No obstante, a veces resulta difícil aplicar en la práctica. Ello es especialmente cierto en los análisis por tipo de actividad de I + D (investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental) los cuales, si bien por una parte poseen un indudable interés para la política científica, por otra, se basan en un modelo excesivamente simplificado del funcionamiento del sistema científico y tecnológico, además de contener un elemento importante de subjetividad por parte del que contesta a la encuesta. Este punto se vuelve a tratar en el epígrafe 4.2.3, con más detalle.

34. Habría que resaltar que aunque estas distribuciones funcionales son más detalladas que las clasificaciones institucionales, no lo son, sin embargo, lo suficiente como para poder ser usadas por un tipo significativo de utilizadores potenciales de cifras de I + D, a saber, aquéllos que se interesan en sólo un tema muy particular, tal como una determinada subdisciplina científica o un grupo de productos (control por ordenador de máquinas-herramienta, holografía, etc.). Ya se ha indicado que este Manual está pensado fundamentalmente para medir el esfuerzo nacional en I + D y para desglosarlo en diversas categorías. Muy pocos países miembros han podido establecer sus clasificaciones para alcanzar tal nivel de detalle, excepto para algunos inventarios realizados en campos concretos, resultando dudoso que tal grado de detalle pueda obtenerse en la OCDE.

1.8. ENCUESTAS REFERENTES A I + D, FIABILIDAD DE LOS DATOS Y COMPARACIONES INTERNACIONALES

35. Aun cuando se puede obtener un cierto volumen de datos relativos a I + D de fuentes ya publicadas, no existe ninguna clase de sustituto para una encuesta específica de I + D, por lo que la mayor parte del texto del Manual se ha redactado bajo la presunción de que estas encuestas han de efectuarse, al menos en todos los principales organismos nacionales que tienen a su cargo la ejecución de trabajos de I + D. Sin embargo, la utilización de ciertas estimaciones puede ser necesaria, tanto para los que suministran los datos solicitados, como para los organismos que realizan las encuestas. Este punto será examinado con detalle en el capítulo VI.

36. Es difícil generalizar hasta qué punto son necesarias esas estimaciones o en qué grado afectan a la fiabilidad de los datos, puesto que las situaciones varían para cada país. No obstante, se da el caso de que, generalmente, el grado de "subjetividad" es probablemente más alto en el reparto por tipos de actividad (investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental). Asimismo, el grado de discrecionalidad en las estimaciones efectuadas por las agencias u organismos que realizan las encuestas es probablemente mayor en lo que se refiere a la I + D del sector de Educación Superior. En consecuencia, estos datos deberían ser utilizados con cierta precaución.

37. Aunque las encuestas de carácter nacional suministren datos de I + D que alcanzan un grado razonable de exactitud y cubran las necesidades de los utilizadores nacionales, pudiera ocurrir que no fuesen comparables internacionalmente. Esto puede deberse sencillamente a que las definiciones o clasificaciones nacionales difieren claramente de las normas internacionales. En tales casos se utilizan generalmente notas a pie de página. Un caso más complejo es aquel en que la situación nacional no se corresponde con el esquema internacional. Sucede a menudo en los análisis sectoriales, donde, por razones administrativas, instituciones aparentemente similares están clasificadas en sectores diferentes. Una vez más, la interpretación nacional de estas normas puede variar. Este parece ser el caso tanto en los análisis por tipos de actividad como en los análisis sobre personal dedicado a I + D por funciones u ocupaciones. Estas diferencias son imposibles de cuantificar.

1.9. LOS OBJETIVOS DE LA FINANCIACION PUBLICA DE LA I + D

38. Todos los problemas que se acaban de mencionar se presentan acentuadamente al efectuar el análisis de la financiación pública de la I + D por objetivos socio-económicos. Por otra parte, se trata de un tema importante de interés para los utilizadores, tal como, por ejemplo, se refleja en las recomendaciones efectuadas por el primer y segundo Grupos de Trabajo "ad hoc" de la OCDE sobre Estadísticas de I + D (ver Anexo I).

39. En la versión actual del Manual se discute este punto en el capítulo VIII. El capítulo es breve dado que, aunque en el seno de la OCDE (así como en dos organizaciones regionales dentro de su área) ya se ha realizado un volumen importante de trabajos metodológicos, no se ha llegado todavía a un acuerdo sobre un conjunto detallado de instrucciones para este tipo de análisis. El capítulo se presenta separadamente dado que, aunque las definiciones establecidas en el capítulo II son aplicables a la financiación pública, las especificaciones de los capítulos siguientes, que están pensadas fundamentalmente para las encuestas realizadas en base a los ejecutores de la I + D, no le son a menudo aplicables.

40. Para este tipo de análisis interesan básicamente las intenciones u objetivos de la Administración que compromete fondos para I + D. Por tanto, la financiación de la I + D viene definida por el que financia (incluyendo los fondos generales públicos de las universidades), pudiendo tratarse de previsiones (presupuestos previstos) o de datos retrospectivos (presupuesto final o gastos definitivos). Mientras que las propias estadísticas de I + D se obtienen por medio de encuestas especialmente diseñadas, los datos de la financiación pública de la I + D generalmente han de ser deducidos, en uno u otro momento, de los presupuestos nacionales, los cuales poseen sus propios mecanismos y su terminología. El análisis resultante siempre mantendrá un equilibrio entre lo que es deseable desde el punto de vista de la I + D y lo que está disponible en el presupuesto o en otras fuentes similares.

41. La distribución de los datos de I + D por objetivos socio-económicos tiene por finalidad ayudar a la Administración en la formulación de la política científica. En consecuencia, las categorías que se establezcan tienen que ser amplias y los datos deben ser establecidos de forma que reflejen la importancia de los recursos consagrados a cada objetivo básico (defensa, desarrollo industrial, etc.). Las administraciones en los países de la OCDE, generalmente, tratan de llevar a cabo una política y, por tanto, distribuyen los fondos que dedican a I + D de forma que correspondan, en gran medida, con las doce amplias categorías de objetivos utilizados por la OCDE. No obstante, la concordancia nunca es perfecta. A causa de ello y de las limitaciones metodológicas que se presentan al recoger los datos, el grado de comparabilidad internacional es probablemente más bajo para las cifras referentes a financiación pública de la I + D, que para la mayor parte de las otras series que se examinan en este Manual.

1.10. OBSERVACIONES FINALES A LA ATENCION DE LOS QUE UTILIZAN DATOS DE I + D

42. Para concluir, pueden resumirse cuatro puntos generales relativos a la utilización de estadísticas y de datos sobre financiación de I + D:

I) Estas series estadísticas no son más que un reflejo cuantitativo abreviado de estructuras muy complejas de actividades e instituciones. Por esta razón, puede ser peligroso utilizarlas aisladamente. En lo posible deberían ser analizadas junto con otras informaciones significativas de carácter cualitativo. Especialmente en el caso de comparaciones internacionales, el tamaño, motivaciones y estructura institucional de los países de que se trate, serían elementos a ser tomados en consideración.

II) Los utilizadores de estadísticas de I + D tienen generalmente en la mente una idea: "¿Está en declive nuestra investigación nacional universitaria?", o "¿Emplea mi empresa una proporción mayor de fondos en investigación básica que la que se emplea como término medio en las demás empresas del mismo sector industrial?", etc. Para poder contestar a estas preguntas es necesario identificar los datos básicos que son significativos a cada una de ellas y que posteriormente se utilizarán para establecer un indicador en I + D que dé respuesta a la pregunta. Sin embargo, algunos datos básicos pueden ser lo suficientemente exactos como para responder a una pregunta pero no a otra. Por ejemplo, los datos sobre financiación pública de la I + D pueden ser lo suficientemente exactos como para servir de respuesta a cuestiones generales referentes a evolución de objetivos fácilmente definibles: "¿Hay algún signo de que la I + D en defensa vuelve a tomar impulso en el área de la OCDE?" Puede ocurrir que los datos ya no sean de tanta utilidad para cuestiones específicas, referentes a objetivos definidos de forma menos exacta: "¿Emplea mi país más o menos recursos, en términos absolutos, en I + D en materia de protección del medio ambiente, que el país X?".

III) Una forma de establecer estos indicadores, y que es especialmente útil para efectuar comparaciones internacionales, consiste en comparar datos de inputs de I + D con estadísticas económicas correspondientes, por ejemplo, tomar el Gasto Interior Bruto en I + D como porcentaje del Producto Interior Bruto. Este tipo de indicadores posee bastante exactitud, pero, aunque las clasificaciones y normas utilizadas en la recogida de datos de I + D sean, en la medida de lo posible, compatibles con aquéllas que se utilizan en estadística general, es mucho más difícil hacer comparaciones detalladas entre datos de I + D y otro tipo de datos, debido a las diferencias metodológicas y defectos propios de aquellos otros datos.

IV) Los problemas de calidad y comparabilidad de los datos mencionados son característicos de toda la gama de datos en materia de actividades socio-económicas evolutivas, tales como el empleo o el comercio internacional, y que son importantes para políticos, responsables económicos, empresarios, analistas y otros. La filosofía que subyace en la evolución de las normas estadísticas de I + D de este Manual es la de identificar y resolver progresivamente estos problemas, examinando diversos métodos exploratorios y aprovechando la experiencia de los países miembros.

CAPITULO II.
DEFINICIONES Y CONVENCIONES BASICAS

2.1. LA INVESTIGACION Y EL DESARROLLO EXPERIMENTAL (I + D)

43. La investigación y el desarrollo experimental (I + D) comprenden los trabajos creativos que se emprende de modo sistemático a fin de aumentar el volumen de conocimientos, incluyendo el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, así como la utilización de este volumen de conocimientos para concebir nuevas aplicaciones.

La I + D es un término que engloba tres tipos de actividades: la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental (1). La investigación básica consiste en trabajos teóricos o empíricos que se emprenden principalmente para obtener un grado mayor de conocimiento de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin que se les piense dar ninguna aplicación o utilización particular. La investigación aplicada consiste también en trabajos originales a fin de adquirir un grado mayor de conocimiento. Sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico. El desarrollo experimental consiste en trabajos sistemáticos de profundización en los conocimientos existentes derivados de la investigación y/o la experiencia práctica, dirigidos a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos, al establecimiento de nuevos procesos, sistemas o servicios, o a la mejora sustancial de los ya producidos o implantados.

2.2. ACTIVIDADES EXCLUIDAS DE LA I + D

44. A efectos de encuesta, debe distinguirse la I + D de una gama amplia de actividades conexas científicas y tecnológicas. Estas otras actividades se hallan estrechamente relacionadas con la I + D a través de flujos de información, así como en términos operativos, institucionales y de personal, pero, en la medida de lo posible, deben quedar excluidas cuando se procede a la medición de la I + D.

45. Estas actividades son agrupadas bajo tres epígrafes:

— Educación y formación (ver 2.2.1.).

— Otras actividades científicas y tecnológicas conexas (ver 2.2.2.).

— Otras actividades industriales (ver 2.2.3.).

Las definiciones que aquí se efectúan son de carácter práctico y destinadas solamente a excluir esas actividades de la I + D. Por tanto, son ligeramente diferentes de los conceptos más amplios de "Actividades científicas y técnicas", de "Servicios Científicos y Técnicos" y de "Innovación", examinados en el Capítulo I.

2.2.1. Educación y Formación

46. Comprende toda la educación y formación del personal en los campos de las ciencias exactas, naturales, ingeniería, medicina, agromía y ciencias sociales y humanidades en Universidades e instituciones especiales de educación superior y post-secundaria. No obstante, la investigación realizada por estudiantes postgraduados en las Universidades debería incluirse, en la medida de lo posible, como parte de la I + D (ver también 2.3.2.).

2.2.2. Otras Actividades Científicas y Tecnológicas

47. Las actividades que a continuación se enumeran deberían quedar excluidas de la I + D, excepto cuando se realizan única o principalmente al servicio de un proyecto de I + D (ver también ejemplos en la sección 2.3.1.).

2.2.2.1. Servicios de Información Científica y Técnica

(1) Descritos con detalle en el Capítulo IV.

48. Deben ser excluidas las actividades específicas que se citan a continuación:

— Recogida — Codificación — Grabación — Clasificación — Distribución — Traducción — Análisis — Evaluación	por	— Personal científico y técnico — Servicios bibliográficos — Servicios de patentes — Servicios de asesoramiento y de información científica y técnica — Conferencias científicas

excepto cuando se efectúan única o fundamentalmente como apoyo de la I + D (por ejemplo, la preparación de un informe original relativo a los logros o descubrimientos de la I + D, debería ser incluida como actividad propia de I + D).

2.2.2.2. Recogida de datos de interés general

49. Generalmente se emprende por la Administración y sus organismos a fin de registrar los fenómenos naturales, biológicos o sociales que son de interés público general, siendo exclusivamente la Administración la que posee los recursos necesarios para ello. Son ejemplos el levantamiento rutinario de mapas topográficos, de estudios geológicos, hidrológicos, oceanográficos y meteorológicos, así como las observaciones astronómicas igualmente rutinarias. La recogida de datos realizada exclusiva o primordialmente como parte de una actividad de I + D, se incluye en ésta (por ejemplo, los datos relativos a trayectorias y características de partículas de un reactor nuclear). El mismo razonamiento puede aplicarse al procesamiento e interpretación de los datos. Las ciencias sociales, en particular, dependen en alto grado del registro exacto de los fenómenos sociales en la forma de censos, muestreos, etc... Cuando estos datos se registran o procesan específicamente para efectuar una investigación científica, su coste debería atribuirse a la investigación y debería cubrir su planificación, sistematización, etc... Los datos que se obtienen para otros fines o para fines más generales, tales como los relativos a cifras de paro, obtenidos trimestralmente, deberían quedar excluidos, incluso si son explotados para una actividad investigadora. Los estudios de mercado quedan excluidos.

2.2.2.3. Ensayos y trabajos de normalizacion

50. Esta rúbrica hace referencia al mantenimiento de normas nacionales, a la mejora de normas secundarias y a los controles y análisis corrientes de materiales, componentes, productos, procesos, suelos, tierras, atmósferas, etcétera.

2.2.2.4. Estudios de factibilidad

51. Consisten en proyectos de ingeniería, utilizando las técnicas existentes, a fin de proporcionar informaciones complementarias antes de su puesta en práctica. En las ciencias sociales, los estudios de factibilidad consisten en el examen de las características socio-económicas, así como las implicaciones de situaciones específicas (por ejemplo, un estudio sobre la viabilidad de un complejo petroquímico en una determinada región). No obstante, los estudios de factibilidad de los proyectos de investigación constituyen parte de la I + D.

2.2.2.5. Cuidados médicos especializados

52. Comprenden los trabajos de práctica corriente y la aplicación normal de conocimientos médicos especializados. No obstante, puede existir un elemento característico de I + D en lo que generalmente se denomina "cuidado médico avanzado", realizado, por ejemplo, en hospitales universitarios.

2.2.2.6. Trabajos sobre patentes y licencias

53. Comprende todo el trabajo administrativo y jurídico relacionado con la obtención de patentes y licencias. (Sin embargo, los trabajos sobre patentes relacionados directamente con proyectos de I + D deben considerarse I + D).

2.2.2.7. Estudios de naturaleza política y operativa

54. A este respecto, la palabra "política" no se refiere solamente a la política nacional, sino también a la regional, a la local, así como a la de la empresa en la consecución de un determinado objetivo económico. Estos estudios abarcan una gama de actividades tales como análisis y evaluación de los programas en curso, políticas y actuaciones de los Departamentos de la Administración y de otras Instituciones, trabajos de organismos relacionados con el análisis permanente y control de los fenómenos exteriores (por ejemplo, análisis sobre defensa y seguridad) y tareas de las comisiones legislativas de encuesta sobre las políticas o las actividades de la Administración y de determinados departamentos.

2.2.3. Otras actividades industriales

55. Pueden considerarse bajo dos rúbricas que hasta cierto punto se solapan:

2.2.3.1. Innovación industrial (no clasificada en otro lugar)

56. Comprende todos aquellos pasos científicos, técnicos, comerciales y financieros, no pertenecientes a la I + D, que son necesarios para el de-

sarrollo y comercialización con éxito de productos fabricados y para la utilización comercial de procesos y equipos *.

2.2.3.2. Producción y actividades técnicas conexas

57. Comprende la producción industrial y la distribución de bienes y servicios, así como los distintos servicios técnicos conexos del sector de la industria privada y de la economía en general, junto con las actividades conexas que utilizan las disciplinas de las Ciencias Sociales, tales como los estudios de mercado.

2.3. LOS LIMITES DE LAS ACTIVIDADES DE I + D

2.3.1. Criterio básico

58. El criterio para distinguir la I + D de otras actividades conexas es la presencia en la I + D de un elemento apreciable de novedad.

(En el capítulo VI —ver 6.3.3.— se sugieren criterios suplementarios.) Con arreglo a este criterio, un proyecto concreto será considerado como I + D si se emprende para un determinado objetivo, pero no lo será si se emprende para otro. Esto puede verse en los ejemplos siguientes:

a) En el campo de la medicina, la autopsia rutinaria respecto a las causas de un fallecimiento ha de considerarse simplemente como parte de la tarea médica cotidiana y no como I + D; por el contrario, la autopsia para estudiar la mortalidad causada por una epidemia en particular o por un determinado tipo de enfermedad, a fin, por ejemplo, de detectar los efectos secundarios que producen determinados tratamientos contra el cáncer, sí sería I + D. De la misma manera, los controles rutinarios, tales como análisis de sangre y pruebas bacteriológicas, efectuados por los médicos no son I + D, si bien, en cambio, un programa especial de análisis de sangre para estudiar los efectos de la introducción de un nuevo medicamento sí sería I + D.

b) El registro diario de temperaturas y presiones atmosféricas no es I + D, pero la investigación de nuevos métodos de medición de la temperatura sí es I + D, como también lo es el estudio y desarrollo de nuevos sistemas y técnicas para la interpretación de los datos climatológicos.

c) Las actividades de I + D en el sector de construcciones mecánicas a menudo presentan una estrecha relación con "estudios y proyectos". Generalmente, no existen departamentos especializados de I + D en las empresas pequeñas y medianas en este sector industrial, por lo que la mayor parte de los problemas de I + D son tratados bajo el aspecto más general de "estudios y proyectos". Si los cálculos, diseños y modos de empleo se realizan para el establecimiento y funcionamiento de plantas piloto y de prototipos, deben ser incluidos en I + D. Si se realizan para la preparación, puesta en marcha y mantenimiento de una producción normalizada (por ejemplo, plantillas de ajuste, máquinas-herramientas) o para promover la venta de productos (por ejemplo, ofertas, folletos y catálogos de piezas de recambio), deben excluirse de la I + D.

d) Numerosos especialistas en ciencias sociales realizan trabajos, utilizando metodologías y hechos de las ciencias sociales para la solución de problemas concretos que no pueden catalogarse como Investigación. A continuación se citan ejemplos de trabajos que podrían encuadrarse en esta categoría y que no son I + D: comentarios interpretativos sobre los probables efectos económicos de una variación del sistema fiscal, utilizando los datos económicos existentes; previsión de las variaciones en la estructura de la demanda de servicios sociales en un área determinada y que se derivan de una alteración en la estructura demográfica; la investigación operativa que supone una ayuda a la toma de decisiones, como, por ejemplo, la optimización del sistema de distribución de una fábrica; la utilización de técnicas tipo en la psicología aplicada a fin de seleccionar y clasificar al personal industrial y militar, a los estudiantes, etc., así como para el examen de niños disléxicos o con alguna otra incapacidad.

2.3.2. Problemas de la línea fronteriza entre la I + D y la educación y formación

2.3.2.1. Criterio general

59. En las instituciones de educación superior, la investigación y la enseñanza se encuentran siempre muy relacionadas, dado que la mayor parte del personal académico realiza ambas actividades, y numerosos edificios y parte del material sirven para ambos fines. En ausencia de una información completa y exacta, la medición de la parte que constituye la I + D, generalmente, está basada en las estimaciones de la proporción del tiempo de trabajo dedicado a esta actividad por el personal universitario. Se trata de una estimación muy importante, especialmente en las Ciencias Sociales y Humanidades, en donde una proporción especialmente alta de tareas de investigación se lleva a cabo en las Universidades.

2.3.2.2. Estudios posteriores al primer título universitario (post-graduados)

60. El límite entre la I + D y la educación y formación resulta especialmente difícil de definir en el caso de los estudios post-graduados (categoría 7 de ISCED*) ya que implica una formación en I + D. Las actividades de los estudiantes post-graduados, así como las de sus profesores, han de ser tenidas en consideración.

61. Ciertas partes de los programas de estudios post-graduados (categoría 7 de ISCED) poseen un alto grado de estructuración con, por ejemplo, planes de estudios, trabajos obligatorios de laboratorio, etc. En este caso, el profesor dispensa una enseñanza y una formación en metodología de la investigación. Son actividades típicas de estos estudiantes la asistencia a cursos obligatorios, el manejo y estudio de bibliografía y textos relativos al tema de que se trate, el aprendizaje de metodologías de investigación, etc. Estas actividades no satisfacen el criterio de novedad al que se ha hecho referencia en la definición de I + D.

62. Además, a fin de obtener una cualificación final de nivel de post-graduados (categoría 7 de ISCED), los estudiantes han de mostrar su competencia emprendiendo la realización de un estudio o proyecto efectuado de forma relativamente independiente y presentando sus resultados. Como norma general, este tipo de trabajos posee los elementos de novedad que se exige para los proyectos de I + D. Las actividades más significativas efectuadas por dichos estudiantes, en consecuencia, serán consideradas como I + D y cualquier tarea de supervisión realizada por el profesor también debería considerarse como tal. Además de la I + D efectuada en el marco de cur-

Cuadro II. 1

LIMITE ENTRE LA I + D Y LA EDUCACION Y FORMACION A NIVEL NACIONAL PARA LA CATEGORIA 7 DE ISCED

	Educación y Formación para la categoría 7	I + D	Otras Actividades
Profesores	1. Enseñanza de estudiantes en la categoría 7 2. Formación de los estudiantes en la categoría 7 sobre metodología de I + D, trabajos en laboratorios, etc.	3. Supervisión de los proyectos de I + D que contribuyen a la cualificación de los estudiantes en la categoría 7. 4. Supervisión de otros proyectos de I + D y realización de proyectos propios de I + D.	5. Enseñanza a niveles inferiores al 7. 6. Otras actividades.
Estudiantes de la categoría 7 que trabajan en la Universidad	1. Trabajos emprendidos para obtener una cualificación formal, incluyendo el estudio y los trabajos independientes, trabajos en laboratorios, etc.	2. Realización y redacción de proyectos de I + D exigidos para obtener la cualificación formal. 3. Cualquier otra actividad I + D.	4. Enseñanza a niveles inferiores al 7. 5. Otras actividades.

sos de post-graduados, es posible tanto para los profesores como para los estudiantes estar integrados en otros proyectos de I + D.

63. Finalmente, estos estudiantes están, a menudo, de algún modo asociados o directamente empleados por el organismo correspondiente y poseen contratos o están vinculados por alguna forma jurídica similar que los obliga a impartir cursos para niveles inferiores, o a realizar otras actividades, tales como la de atención médica avanzada, al mismo tiempo que pueden continuar con sus estudios y realizar tareas de investigación.

64. La línea fronteriza entre I + D y la educación para el nivel 7 de ISCED se ilustra en el cuadro II.1, el cual, junto con gran parte del texto anterior, se basa en el Manual Nórdico "Estadísticas de Recursos consagrados a la Educación Superior"*. El capítulo V (ver 5.2.2.2.) trata de los problemas de índole más práctica que se presentan al aplicar estos conceptos.

2.3.3. Problemas de la línea fronteriza entre la I + D y otras actividades científicas y tecnológicas conexas

2.3.3.1. Criterio general

65. La realización de distintas actividades en el seno de la misma institución produce dificultades a la hora de distinguir la I + D de otras actividades científicas y tecnológicas. En la práctica de las encuestas, esta tarea está facilitada mediante un cierto número de principios. Se citan dos ejemplos de utilización:

— Las instituciones o empresas cuya actividad princial es la I + D, con frecuencia realizan otras actividades secundarias que no son I + D, por ejemplo, información científica y técnica, realización de ensayos, control de calidad, análisis). En la medida en que una actividad secundaria sea emprendida principalmente en función de la I + D, debe incluirse como tal; si la actividad secundaria está pensada esencialmente para hacer frente a otro tipo de necesidades, debería excluirse de aquélla.

— Instituciones cuyo fin principal es una actividad científica relacionada con la I + D, a menudo emprenden ciertas investigaciones relacionadas con su actividad. Estas investigaciones deben ser incluidas en la medición de la I + D.

Ejemplos:

a) Las actividades de un servicio de información científica y técnica o las de una biblioteca de un laboratorio de investigación, que se mantengan fundamentalmente al servicio de los investigadores en el laboratorio deben incluirse en la I + D. Las actividades de un centro de documentación de una empresa abierta a todo el personal de la misma deben excluirse de la I + D, incluso si comparte los mismos locales que el departamento de investigación de la empresa. De forma similar, las actividades de las bibliotecas centrales de una universidad deben quedar excluidas de la I + D.

Estos criterios se aplican solamente a los casos en que es necesario excluir en su totalidad las actividades de una institución o un departamento. En aquellos casos en que se utilizan métodos de contabilidad más detallados puede ser posible imputar parte de los costes de las actividades excluidas, como gastos generales de I + D. La preparación de las publicaciones científicas y técnicas queda, en términos generales, excluida; por el contrario, la preparación de los informes originales referentes a los resultados de las investigaciones deberían incluirse en la I + D.

b) Los organismos públicos y las organizaciones de consumidores poseen a veces laboratorios cuyo fin principal es la comprobación y la normalización. El personal de esos laboratorios puede, así mismo, emplear un cierto tiempo diseñando nuevos métodos de comprobación o mejorando substancialmente los ya existentes. Esta actividad debería considerarse I + D.

c) La obtención de datos de interés general es especialmente importante en la investigación en las ciencias sociales ya que sin ella no se podrían estudiar numerosos aspectos de esta investigación. No obstante, a menos que esos datos se obtengan básicamente para fines de investigación, no debe ser clasificada como actividad investigadora. Por otra parte, los grandes institutos de estadística pueden llevar a cabo un cierto volumen de I + D (por ejemplo, en lo relativo a metodología de encuestas y muestreos y a estimaciones estadísticas en áreas limitadas). Siempre que sea posible, debería identificarse la I + D e incluirse las estimaciones comprendidas en los datos de I + D relativos a los principales sectores.

2.3.3.2. Casos particulares

66. En ciertos casos, los criterios teóricos para distinguir entre la I + D y las actividades conexas resultan especialmente difíciles de aplicar. La exploración espacial y la minería constituyen dos áreas en las que se requieren grandes cantidades de recursos por lo que cualesquiera variaciones que se produzcan en su tratamiento producirán efectos importantes en la comparabilidad internacional de los datos obtenidos. Por esta razón se aplican los siguientes acuerdos convencionales en estos dos casos:

2.3.2.1. Exploración espacial

67. La dificultad en la exploración

espacial se debe a que, en algunos aspectos, una buena parte de esta actividad puede ser considerada hoy en día como rutinaria; ciertamente la mayor parte de los costes corresponden a la compra de bienes y servicios que no tienen carácter de I + D. Sin embargo, el objeto de toda exploración espacial sigue siendo el aumentar el volumen de conocimientos, por lo que tales esfuerzos deben ser incluidos en I + D. Puede que sea necesario separar e individualizar las actividades relacionadas con la exploración espacial, incluyendo el desarrollo de vehículos, equipos y técnicas, de aquellas otras relacionadas con la colocación rutinaria de satélites en órbita espacial o la creación de estaciones de seguimiento y de comunicación.

2.3.3.2.2. Actividades mineras y de prospección

68. En ocasiones existe una confusión de lenguaje entre investigación de recursos nuevos o sustancialmente mejorados (alimentación, energía, etc.) y la investigación en el sentido de prospección de reservas de recursos naturales, lo cual difumina la distinción entre I + D de una parte y la prospección de otra. En teoría y a fin de establecer datos precisos de I + D, deberían identificarse, medirse y agregarse las siguientes actividades:

I) El desarrollo de nuevos métodos y técnicas de trazados geológicos.

II) Los trazados geológicos que se emprenden como parte integral de un proyecto de investigación relativo a fenómenos geológicos.

III) La investigación sobre los fenómenos geológicos como tales, que se emprende conjuntamente con los programas de prospección y de trazados geológicos.

En la práctica, este tercer caso presenta un cierto número de problemas. Es difícil formular una definición precisa que tenga significado para los que deben cumplimentar las encuestas nacionales. Las cantidades necesarias probablemente no son grandes en la práctica, pero una lectura equivocada de los cuestionarios por parte de los encuestados puede conducir a incluir grandes sumas gastadas para la investigación minera en los recursos considerados como parte de la I + D. Por esta razón, solamente deben incluirse en I + D las siguientes actividades:

— El desarrollo de métodos y equipos nuevos o muy mejorados para la obtención de datos y para el procesamiento, estudio e interpretación de los mismos;

— Los estudios que se emprenden como parte de un proyecto de investigación sobre fenómenos geológicos como tales, incluyendo la recogida, el procesamiento y la interpretación de los datos al servicio de objetivos fundamentalmente científicos.

De esto se infiere que las actividades de prospección, efectuadas por empresas comerciales, deben ser, en su casi totalidad, excluidas de la I + D. Por ejemplo, la apertura de pozos de exploración a fin de evaluar los recursos de un yacimiento deben considerarse como servicios científicos y técnicos.

2.3.4. Problemas de la línea fronteriza entre la I + D y otras actividades industriales (ver también cuadro II.2).

2.3.4.1. Criterio general

69. Ha de tenerse cuidado en excluir actividades que, aunque indudablemente sean parte del proceso de innovación tecnológica, en raras ocasiones suponen I + D; por ejemplo, la ingeniería, la solicitud de patentes e investigaciones de anterioridad, la investigación de mercado, la preparación del utillaje. El mismo tipo de dificultades puede presentarse en el caso de algunos servicios públicos técnicos, tales como los centros de ensayo y control, en el campo de los alimentos y los fármacos, por ejemplo.

70. No puede establecerse una definición precisa que permita separar el desarrollo experimental de la producción, de forma que sea aplicable a todas las ramas industriales. Por el contrario, sería necesario establecer una serie de criterios convencionales para cada una de ellas. No obstante, la regla básica establecida por la National Science Foundation suministra una base práctica que permite apreciar los casos difíciles. Aunque con ligeros retoques para hacerla más detallada, la mencionada regla es como sigue:

> "Si el objetivo principal es el de lograr más perfeccionamientos técnicos en el producto o en el proceso, el trabajo que habría que efectuar entraría dentro de la definición de I + D. Si, por el contrario, tanto el producto como el proceso están substancialmente fijados y el objetivo fundamental es desarrollar mercados, efectuar la planificación previa a la producción o conseguir que los sistemas de producción o de control operen armónicamente, entonces el trabajo ya no entra en la I + D."

2.3.4.2. Casos particulares

71. A continuación se describen cuatro casos que presentan una problemática común:

2.3.4.2.1. Prototipos

72. Un prototipo es un modelo original en el que se ha introducido algo nuevo y del cual todos los objetos del mismo tipo constituyen reproducciones o copias. Constituye un modelo básico que posee las características esenciales de lo que se intenta producir. Si se aplica el criterio de la National Sciencie Foundation, tanto el estudio, como la construcción y las pruebas de los prototipos normalmente entran dentro del campo de la I + D. Esto sirve tanto si se

hace uno, como varios prototipos, y lo mismo si se hacen simultánea que consecutivamente. Pero se alcanza el límite de la I + D cuando se ha efectuado cualquier tipo de modificaciones necesarias en el prototipo y se han completado satisfactoriamente las pruebas pertinentes. La realización de varias copias de un prototipo a fin de hacer frente a necesidades comerciales, militares o médicas, de carácter temporal, después de haber experimentado con éxito el prototipo original, no constituye parte de la I + D aunque sean realizadas por personal de I + D.

2.3.4.2.2. Plantas piloto

73. La construcción y utilización de una planta piloto forman parte de la I + D siempre y cuando los objetivos principales sean los de adquirir experiencia y obtener datos técnicos o de otro tipo que puedan utilizarse en:

- — verificación de hipótesis,
- — obtención de nuevas fórmulas de productos,
- — establecimiento de nuevas especificaciones para productos terminados,
- — diseño de equipos y estructuras especiales para un nuevo proceso,
- — redacción de los modos operatorios o de los manuales relativos al proceso.

Pero si, una vez finalizada la fase experimental, una planta piloto se centra en actividades de producción comercial normal, no puede, a partir de ese momento, considerarse que las mismas sean I + D, aunque a la planta se le siga denominando "planta piloto". Puesto que el objetivo fundamental al funcionar una planta piloto tiene un carácter no comercial, da lo mismo en principio que sea vendida parte o la totalidad de su producción. Los ingresos que se obtengan de esta fuente no deben ser deducidos del coste de la I + D. Sin embargo, tan pronto como una planta piloto comienza a funcionar como unidad normal de producción, el efecto es más o menos el mismo que si hubiera sido objeto de venta.

Cuadro II. 2

ALGUNOS CASOS CARACTERISTICOS DE LA LINEA FRONTERIZA ENTRE I + D Y OTRAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES

Trabajos y operaciones	Tratamiento	Observaciones
Prototipos	Se incluyen en I + D	Siempre y cuando el objetivo principal sea el efectuar nuevas mejoras.
Planta Piloto	Se incluye en I + D	Siempre que el objetivo principal sea la I + D.
Estudios y proyectos	Se incluye en I + D sólo en parte	Se incluyen los estudios necesarios durante la actividad de I + D. Se excluyen de ésta los estudios para el proceso de producción.
Producción a título experimental o de ensayo y puesta a punto del utillaje	Se excluye	Excepto los trabajos de I + D que son, de alguna manera, consecuencia de los problemas encontrados en los ensayos.
Servicios postventa y detección de averías	Se excluye	Excepto los trabajos de I + D que son de alguna manera, consecuencia de los problemas detectados en los ensayos.
Trabajos relacionados con patentes y licencias	Se excluye	Todos los trabajos administrativos y jurídicos relacionados con patentes y licencias (excepto las tareas sobre patentes *directamente* relacionadas con proyectos de I + D.
Análisis rutinarios	Se excluye	Incluso si son emprendidas por personal de I + D.
Recogida de datos	Se excluye	Excepto cuando constituyen parte integrante de la investigación.
Inspección pública, control, aplicación de normas, reglamentos	Se excluyen	

2.3.4.2.3. Plantas piloto y prototipos de alto coste

74. Es muy importante examinar con detalle la naturaleza de las plantas piloto o de los prototipos cuyos costes alcanzan un alto volumen, como, por ejemplo, la primera planta o prototipo de una central nuclear de nueva serie o el primer ejemplar de una nueva gama de rompehielos. Estos han de ser construidos casi ente-

ramente con materiales existentes y con tecnología conocida, y, a menudo, se construyen para ser utilizados simultáneamente para I + D y para suministrar el servicio para el que son destinados (la generación de energía nuclear o el rompimiento de hielos). La construcción de estas plantas y prototipos no debería ser totalmente considerada como I + D. Para mayor detalle véase el capítulo V (5.3.2.3.4 y 5.3.3.2.2, I y II).

2.3.4.2.4. Producción a título de ensayo

75. Una vez que un prototipo, con las necesarias modificaciones, ha sido probado satisfactoriamente, el coste de las primeras series producidas a título experimental no debe ser atribuido a la I + D, dado que el objetivo principal ya no es el efectuar más mejoras en el producto, sino el de poner en marcha el proceso de producción. Las primeras unidades producidas de esta producción experimental o a título de ensayo, con vistas a una producción en serie, no deben considerarse como prototipos en el sentido de I + D, aun cuando, por abuso de lenguaje, se las designe bajo este nombre. Normalmente, los costes de esta producción experimental, incluyendo la puesta a punto del utillaje necesario para la producción en gran serie, no deben incluirse en la I + D.

2.3.4.2.5. Detección de averías

76. Las dificultades de la puesta en marcha pueden originar investigaciones suplementarias, pero es más frecuente que los defectos de funcionamiento, una vez detectados, conduzcan a modificaciones menores en los equipos y en los procedimientos. Por consiguiente, no deberán considerarse como I + D.

2.3.4.2.6. I + D suplementaria

77. Una vez que un nuevo producto o proceso ha sido entregado a la unidad de producción, pueden aún plantearse ciertos problemas técnicos que habrá que resolver, algunos de los cuales pueden exigir la realización de actividades posteriores de I + D. Esta generación de nuevas actividades de I + D debería ser incluida como I + D.

aplicado en diferentes estudios nórdicos algunas directrices para analizar la I + D en los presupuestos estatales. Durante estos últimos años, el interés se ha centrado en los problemas de presentación y comunicación de informacioes estadísticas, con el fin de adaptarlas a las necesidades específicas de los distintos grupos que hacen uso de las mismas.

AGRADECIMIENTO

21. Este Manual no hubiera sido posible, ni en su forma original, ni en la revisada, sin la colaboración activa de estadísticos de I + D de todos los países Miembros de la OCDE y de las organizaciones internacionales, especialmente la UNESCO, la CEE y NORDFORSK. Hay que agradecer particularmente la labor de la National Science Foundation de los Estados Unidos, pionera en la medición sistemática de la I + D.

Entre las personas que han participado en la primera edición del Manual, hay que citar al doctor J. Perlman, al profesor C. Freeman y a la Delegación General para investigación científica y técnica de Francia (DGRST).

Igualmente contribuyeron decisivamente a la segunda edición del Manual, H. E. Bishop, presidente de la reunión de Frascati en 1968, H. Stead (Canadá), P. Slors (Holanda) y D. Murphy (Irlanda).

Entre las personas que tomaron parte activa en la preparación de la tercera versión, se encuentran K. Sanow (National Science Foundation), J. Mitchell (Reino Unido), K. Perry (Reino Unido) y K. Arnow (Estados Unidos), presidenta de la reunión de expertos en 1973, así como los presidentes de sesiones T. Berglund (Suecia), J. Sevin (Francia) y F. Snapper (Holanda).

Han sido particularmente útiles para la elaboración de esta cuarta versión los trabajos de H. Stead (Canadá). Las diversas reuniones de expertos fueron organizadas bajo la presidencia de G. Dean (Reino Unido) en 1978 y C. Falk (Estados Unidos) en 1979.

ANEXO II
LA MEDICION DEL OUTPUT DE I + D

1. INTRODUCCION

1.1. Recientes desarrollos de la OCDE

1. La presente edición del Manual, así como las que le precedieron, no trata de los recientes desarrollos en la medición del output de la ciencia y la tecnología. No obstante, dada la reciente moda de los indicadores del output, se ha pensado en la conveniencia de presentar un pequeño sumario de los principales problemas y de los todavía muy provisionales métodos que se han propuesto para resolverlos.

2. La OCDE trabaja sobre indicadores del output, animado, en los últimos años 70, por las recomendaciones del segundo grupo de trabajo sobre estadísticas de I + D (ver Anexo I.11), resultantes de dos seminarios efectuados en 1978 y 1979.

3. Estos fueron seguidos, en septiembre de 1980, de una importante conferencia sobre Indicadores de Ciencia y Tecnología, que tuvo lugar en la sede central de París. Su fin fue alcanzar un acuerdo sobre indicadores del output en I + D entre los países utilizadores miembros de la OCDE y examinar aquellos que parecían más prometedores en el plano internacional.

4. Sesiones de trabajo especializadas examinaron varias categorías de indicadores:

- actividad innovadora, incluyendo mediciones de la innovación propiamente dicha y estadística de patentes;
- impacto de la ciencia y tecnología en la economía, comprendiendo los temas: comercio internacional y tecnología, balanza de pagos tecnológica y tecnología y productividad;
- indicadores de la ciencia, incluyendo análisis bibliométricos, índices de citación, etc.;
- diversos indicadores relativos al estado interno de la tecnología

y a los problemas surgidos por el establecimiento de tales indicadores y los indicadores de tecnología en general.

Una sesión plenaria de dos días de duración examinó las conclusiones generales alcanzadas por los grupos de trabajo, así como el papel desarrollado por los indicadores de ciencia y tecnología en la política científica. Un grupo representante de utilizadores de indicadores, informó de sus necesidades y un segundo grupo sugirió cómo debía ser, en líneas generales, desarrollado el trabajo de la OCDE. Se espera publicar los resultados de esta conferencia en fecha próxima(*).

5. Este anexo (que ha sido redactado con anterioridad a la Conferencia sobre Indicadores de Ciencia y Tecnología de la OCDE) presenta un breve bosquejo de algunas de las mediciones del output discutidas en las dos reuniones de trabajo precedentes.

1.2. Diferencia entre las series de input y de output

6. Dada la ausencia de estadísticas sobre output, se han venido habitualmente considerando los datos sobre el input, esto es, gastos y personal de I + D, como mediciones sustitutivas del output, aunque implícitamente considerando que existe una relación proporcional entre el input y el output. Esto, obviamente, no es falso pero no es base suficiente para aquellos que desean saber con mayor precisión, cuáles son los resultados de las actividades científicas y tecnológicas, como es el caso en los sectores público y privado.

7. Lo ideal sería ser capaces de medir el resultado directo de las actividades científicas y tecnológicas bajo la forma de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos, y también a través de sus diversos impactos económicos y sociales, pero esto no es fácil de realizar con los conocimientos actuales. Por esta razón, nos vemos obligados a utilizar ciertos métodos indirectos tanto para la ciencia como para la tecnología.

1.3. Problemas que genera el uso de los indicadores del output

8. Uno de los principales problemas se debe al tipo de datos que se utilizan. Los datos utilizados para medir el output no han sido generalmente recopilados con ese propósito y, por tanto, ha habido que operar numerosos ajustes en lo que se refiere, por ejemplo, a las clasificaciones o a fin de identificar el impacto de la tecnología entre otros factores que pueden intervenir simultáneamente. Estos problemas aparecen en casi todos aquellos casos en que se utilizan datos económicos para medir el impacto de la tecnología (balanza tecnológica de pagos, estadísticas de patentes, índices de productividad). Los problemas examinados a continuación aparecen cuando se trata de interpretar estos datos, por lo que se hace necesario definir claramente los métodos y límites de interpretación.

9. Los problemas que surgen al utilizar dichos datos no deben llevar a su rechazo ya que son, hasta el momento, los únicos datos de que se dispone para medir el output. Aunque imperfectos, permiten dibujar, a grandes trazos, el perfil tecnológico de los países y su evolución.

10. El desarrollo de una segunda generación de indicadores del output, tales como la medida directa de la innovación, en la que varios países están trabajando, permitirá en un futuro, más o menos próximo, desechar los indicadores más débiles. Igualmente, la producción de indicadores basados en la naturaleza de la tecnología, propiamente dicha, permitirá medir el estado de madurez de esta o aquella tecnología. Los problemas que traen consigo los indicadores del output relacionados con la investigación industrial, surgen también, aunque con alguna diferencia, en el caso de indicadores del output relacionados con el análisis bibliométrico, índices de referencias, etc...

11. Otro problema, estrechamente ligado al anterior, no es tan técnico, sino de naturaleza política y administrativa. Es, por ejemplo, extremadamente raro que los expertos en estadísticas que preparan los datos relativos al "input" en I + D sean los mismos que proveen de datos del output. Esto es debido a la diversidad de estos datos, que son, principalmente, recogidos por diferentes organismos, así:

- Datos referentes a la balanza tecnológica de pagos son recogidos y analizados por centrales de bancos u oficinas de patentes, y, algunas veces, por ambos.
- Datos estadísticos sobre patentes son recogidos por oficinas de patentes y registros de la propiedad industrial.
- Datos sobre transacciones comerciales de productos altamente intensivos en tecnología aparecen en estadísticas de comercio exterior.
- Datos sobre bibliometría e índices de referencias son recogidos y analizados por empresas privadas (*), tales como "ISI" y "Computer Horizons", en los EE. UU.
- Finalmente, en muchos países, institutos universitarios de investigación están trabajando sobre algunos indicadores del output.

12. Además, debe añadirse que el análisis de estos indicadores requiere conocimientos especializados. Es difícil, casi imposible, analizar con precisión las estadísticas de patentes o hacer análisis bibliométricos, tanto globales, como por disciplinas científicas, sin la ayuda de ingenieros especializados en patentes, o de científicos especializados en el campo que se intenta analizar. Igualmente, el

análisis, o incluso un simple intento de interpretación, de los datos que se refieren a la innovación, a las patentes o a los productos altamente intensivos en tecnología, debe apoyarse, en cierta medida, en la teoría económica relativa a dichos campos.

2. ALGUNAS MEDICIONES DEL OUTPUT

2.1. Innovación

2.1.1. Definición

13. En el capítulo 1 (1.3.3) la innovación científica y tecnológica viene definida (*) como la transformación de una idea en un producto vendible, nuevo o mejorado, o en un proceso operativo en la industria o el comercio, o en un nuevo método de servicio social. Cubre todas las fases, científica, técnica, comercial y financiera, necesarias para el desarrollo y comercialización con éxito de nuevos o mejorados productos manufacturados, la utilización comercial de nuevos o mejorados procesos y equipos, o la introducción de un nuevo método de servicio social. Hasta el momento presente, se han realizado pocos esfuerzos en el intento de medir las innovaciones sociales. Este apartado, por lo tanto, se refiere solamente a innovaciones tecnológicas.

2.1.2. La medición de la innovación

14. La innovación se define como una actividad ("...la transformacion..."). De todas formas, es también otra cosa. El resultado de las actividades innovadoras es una innovación. De hecho, solamente después de que la actividad ha finalizado, sólo cuando el producto obtiene éxito comercial, y el proceso resulta operativo, puede la actividad ser considerada como innovación.

* Ver Bibliografía. El asterisco (*) indica siempre referencia a la Bibliografía.

2.1.2.1. El número de innovaciones

15. Las innovaciones pueden ser identificadas y contabilizadas. Desafortunadamente, tanto la identificación, como la contabilización son difíciles. La identificación se complica cuando se trata de determinar si un producto o proceso es suficientemente "nuevo" o "mejorado" para poder ser calificado de innovación, o si el producto es suficientemente vendible, o el proceso, operativo.

16. La contabilización se complica por la interdependencia de numerosas innovaciones: una innovación de producto puede ser parte de un proceso de innovación; algunas innovaciones pueden ser subproducto de otras. "Se necesitaron invenciones y descubrimientos adicionales a la invención originaria en todas las innovaciones estudiadas... A lo largo del proceso innovador existe un continuo perfectionamiento de la invención inicial, como consecuencia de la aparición de problemas inesperados... y de la incorporación de nuevas tecnologías. De esta manera, el proceso de innovación requiere una actividad repetitiva de investigación, de aparición de problemas, de nuevas investigaciones para resolverlos y así sucesivamente. Esta actividad se mantiene más allá de la primera utilización comercial o estatal de la innovación" (1).

17. Además, una simple contabilización no significa gran cosa. Las innovaciones deben ser sopesadas de muchas formas, a fin de que innovaciones menores (calificadas así en términos de coste o de significación social o técnica) no sean comparadas con innovaciones importantes.

2.1.2.2. El coste de la innovación

18. El coste de las innovaciones puede ser medido en términos de gastos o de personas. A través de los datos de los archivos conservados por los innovadores, puede deducirse que el coste financiero es probablemente la mejor medición con que se puede trabajar. De todas formas, debe aún desarrollarse la obtención de datos satisfactorios sobre el coste de la innovación, tanto a gran escala, como sobre un proceso continuo (2).

19. Un indicador de los gastos en materia de innovación tecnológica es el de los gastos de la I + D industrial. Otros pueden ser factibles. Además de la I + D, el capítulo I dintingue otras seis actividades en el proceso de innovación: comercialización de nuevos productos, trabajo sobre patentes, cambios financieros y organizativos, estudios de ingeniería relativos al producto final, puesta a punto del utillaje y de la ingeniería industrial, y comienzo del proceso de fabricación.

(1) "Interactions of Science and Technology in the Innovative Process: Some case Studies", NSF, 1973, pp. 4-7, 4 8.

2.2. Estadísticas de patentes

2.2.1. Introducción

20. Una medición del "output" que ha sido muy discutida y criticada recientemente —las estadísticas de patentes— constituye, de todas formas, una de las más fáciles de utilizar. La patente es un derecho concedido por el Estado a un inventor, a cambio de la publicación de su invento; asegura al inventor, durante un periodo de tiempo convenido, de la no utilización, por parte de un tercero, de la invención bajo ningún concepto. Los requisitos legales y jurídicos para el depósito, la concesión y la protección de la patente varían ampliamente de un país a otro, aunque, durante los diez últimos años aproximadamente, estas diferencias han disminuido. Las solicitudes de patentes son depositadas, examinadas, conservadas, concedidas y publicadas

(2) Se han desarrollado tres estudios de factibilidad en 1973-1974, bajo el patrocinio de la NSF: "The Feasibility of Monitoring Expenditures for Technological Innovation" (Practical Concepts Incorporated); "Investment in Innovation" (Midwest Research Institute) y "Surveying Investment in Innovation" (Denver Research Institute).

por organismos especializados (Registro de la Propiedad Industrial, Patent Office), que llevan la contabilidad de las patentes depositadas y concedidas (al pasar un determinado período de tiempo, después de un previo examen de novedad, más o menos riguroso).

21. Las estadísticas de patentes son obtenidas por razones administrativas, no para ser utilizadas directamente como medición de la invención o innovación tecnológica. No obstante, las patentes representan una incomparable fuente de información sobre el desarrollo tecnológico, lejano o reciente, puesto que, en la mayoría de los países industrializados, las patentes existen desde hace cien y, a veces, doscientos años y porque ofrecen una cantera importante de información sobre tecnologías recientes. Algunos expertos creen que aproximadamente el 80% de la información sobre tecnología contenida en las patentes no puede ser encontrado en ningún otro lugar, ni siquiera en revistas técnicas o en cualquier otra documentación especializada. Esto no significa que los datos publicados por instituciones relacionadas con la propiedad industrial puedan ser siempre utilizados tal y como se presentan.

2.2.2. Problemas en la utilización de estadísticas de patentes como medición del output

22. La utilización de las patentes para medir el "output" presenta ciertos problemas. Muchos de estos son bien conocidos, pero existen ciertos puntos que deberían ser sometidos a un serio examen crítico:

— No se conoce el número de invenciones no patentadas. Las estadísticas de patentes no cubren todas las invenciones, debido tanto a que algunas de ellas no son patentables, como a que algunos inventores prefieren mantener sus invenciones en secreto, dado que mientras una patente ofrece protección desde el punto de vista jurídico, su publicación incrementa las posibilidades de imitación.

— Las empresas pequeñas tienden a patentar más que las grandes. Cuanto más grande sea el tamaño de la empresa, más altos son sus gastos en I + D y proporcionalmente más bajo su número de patentes.

— La tendencia a patentar varía según las industrias. Es mayor en las industrias cuyas innovaciones pueden ser fácilmente imitadas (industrias mecánicas) y menor, en industrias relacionadas, en mayor o menor medida, con la defensa (industrias aeroespaciales).

— Los requisitos legales y jurídicos referentes a las patentes (depósito, concesión, protección) varían de un país a otro y pueden influir en el número de patentes. El ejemplo más conocido es el de la existencia o no de un examen previo de novedad. En los últimos diez años, sin embargo, las diferencias han disminuido.

— La calidad de las patentes difiere. Es difícil formarse una opinión sobre el valor de una patente sólo mediante su examen, no pudiendo hacerse esto hasta después de su publicación, es decir, varios meses —cuando no años— después del depósito inicial.

— Numerosas patentes aparecen como puramente estratégicas, es decir, destinadas a bloquear la posible competencia, no teniendo el depositante intención de utilizarlas. Este punto debe ser comprobado cuidadosamente.

— No siempre se conoce con precisión el grado de utilización y comercialización de las patentes concedidas.

3. MEDICIONES DEL IMPACTO

3.1. Introducción

23. Un cierto número de series de datos pueden ser considerados como indicadores del impacto de la ciencia y la tecnología sobre la economía. Las tres mediciones de impacto más conocidas son:

— la balanza de pagos tecnológica;

— la transacción de productos altamente intensivos en tecnología;

— los índices de productividad.

Se trata de cifras agregadas, influidas por la tecnología, que varían ampliamente según la evolución de esta última.

3.2. Balanza de pagos tecnológica

3.2.1. Ambito

24. La balanza de pagos tecnológica es el conjunto de transferencias invisibles, contabilizadas en la balanza de pagos de un país, en lo que se refiere a la compra y venta de conocimientos e información de naturaleza tecnológica. De hecho, cubre principalmente las sumas recibidas y gastadas para la compra y venta de patentes, licencias de fabricación y "know-how", aunque también puede incluir todas las transferencias relativas a la propiedad intelectual: propiedad literaria, diversos derechos de autor, marcas registradas, modelos de utilidad, etc., e incluso, en lagunos casos, incluye los "royalties" para la explotación petrolífera y minera.

3.2.2. Problemas implicados

25. El primer problema es, por lo tanto, el de separar los elementos que están relacionados o que van a ser influidos por la tecnología, de

aquellos que no lo están. Existen otras dificultades en la interpretación de estos datos, que se relacionan a continuación:

— la balanza de pagos tecnológica solamente cubre transacciones monetarias y excluye transacciones que no implican flujos monetarios, por ejemplo, las debidas al intercambio de acciones entre empresas o al intercambio compensatorio de tecnología. Tales transacciones juegan un papel muy importante.

— los datos pueden resultar infraevaluados por diversas razones de orden fiscal o administrativo

— las operaciones realizadas entre empresas matrices y filiales pueden escapar totalmente al registro o, por el contrario, pueden ser contabilizadas en evaluaciones exageradamente elevadas;

— es difícil desglosar los totales por sectores industriales o por proyectos;

— pueden existir diversas estadísticas para un mismo país, que suministren datos diferentes, por ejemplo, una central bancaria y un registro de la propiedad industrial.

3.3. Las transacciones internacionales de productos de alta intensidad tecnológica

3.3.1. Ambito

26. Durante los últimos veinte años, los economistas han considerado que la innovación, el "output" científico y tecnológico, juega un papel primordial en la capacidad exportadora de un país. Se han desarrollado estudios, que han tratado de verificar empíricamente estas teorías, examinando en qué grado la ventaja comparativa de un país en la exportación de un producto está relacionada con su intensidad de I + D en el mismo.

3.3.2. Problemas implicados

27. Así, uno de los principales problemas que surgen de todos esos estudios, se deriva del hecho de que, para establecer una relación entre tecnología y comercio internacional, es necesario, antes de nada, calcular un índice de intensidad tecnológica, o, más frecuentemente, un índice de intensidad investigadora y entonces, determinar, en base al mismo, las ramas industriales y productos que serán intensivos en tecnología. Las diferencia en el cálculo del índice y en sus bases de aplicación han dado lugar a resultados bastantes diferentes, tanto en lo que se refiere a ramas industriales o a productos (que son o no, intensivos en tecnología) como por lo que respecta a los resultados obtenidos de la aplicación de estos índices a las estadísticas de comercio internacional.

28. El principal problema es, por tanto, identificar las industrias y productos que son altamente intensivos en tecnología. Sin embargo, aunque es posible realizar un desglose muy detallado de los datos de comercio exterior, los datos de I + D utilizados en el cálculo de la intensidad tecnológica están generalmente disponibles en un nivel de agregación mucho mayor.

3.4. Indices de productividad

29. Estudios empíricos han demostrado la influencia de la I + D sobre el crecimiento de la productividad de la industria. La medida de la productividad más frecuentemente utilizada es el output hora/per capita. Las variaciones de éste reflejan las alteraciones de la productividad. No obstante, el output hora/per capita puede verse afectado por variados factores no tecnológicos. Este indicador plantea, igualmente, numerosos problemas de interpretación.

4. CONCLUSIONES

30. A modo de conclusión, se citan dos trabajos de interés para cualquier lector que desee avanzar en sus investigaciones sobre medición del output:

1. Desde un punto de vista teórico, el único trabajo que cubre prácticamente todos los aspectos de la medición del "output" es "The measurement of output of Research and Experimental Development", preparado en 1970 para la UNESCO por el profesor C. Freeman (UNESCO STS/16. París 1970).

2. Para una visión más práctica de la manera en que se pueden utilizar los indicadores del output, se recomienda al lector la consulta de los volúmenes de la serie "Science Indicators", publicados por la National Science Foundation (NSF) de EE.UU en los años 1972, 1974, 1976 y 1978.

Science and Technology Policy in the 1980s and beyond

Edited by
Michael Gibbons
Philip Gummett
Bhalchandra Udgaonkar

Longman
London and New York

6 Science Mapping for Strategic Planning

Harry Rothman
Technology Policy Unit, University of Aston in Birmingham

INTRODUCTION

In recent years two novel means of 'mapping' research fronts in science have been developed; co-citation clusters, by the Institute for Scientific Information (ISI) Philadelphia (who produce the Science Citation Index), and 'co-word' analysis, developed by M. Callon and his co-workers at the Centre de Sociologie de L'Innovation of the Ecole des Mines in Paris. I wish to discuss the potential utility of these techniques for policy studies concerned with monitoring the nature and direction of scientific advances to aid and improve the planning of research. I will say something about work that we have done at the Technology Policy Unit (TPU) on 'mapping' biotechnology, and outline some approaches to literature-based models of science that have been suggested for strategic planning.

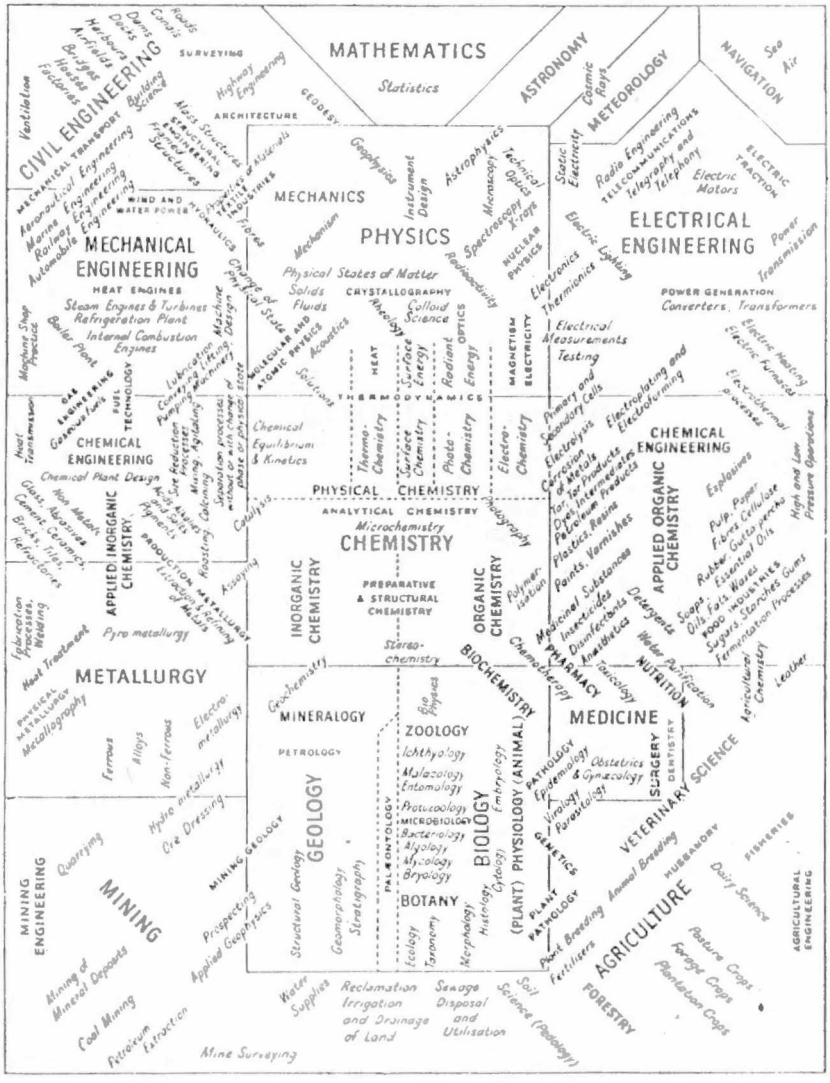
THE CLASSIFICATION OF THE SCIENCES

Traditional schemes of classifying science present many problems: they may be based upon philosophical and/or sociological conceptions that are out-moded. They are often wedded to traditional disciplinary structures that no longer represent the everchanging diversity and richness of modern science. The boundary zones between the various sciences and fields of research are constantly on the move. Librarians and information scientists have been aware of this problem for many years and sought to overcome the rigidities of traditional classifications, e.g. Universal Decimal Classification, with more flexible faceted systems. From the point of view of mapping science to show the relationship between various disciplines and fields in science and technology, an interesting pioneering attempt

SCIENCE MAPPING FOR STRATEGIC PLANNING

A CHART ILLUSTRATING SOME OF THE RELATIONS BETWEEN THE BRANCHES OF NATURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

H.J.T. Ellingham. 1948.



was made by Ellingham[1] in 1948 (Fig. 1).

The general plan of this chart, says Ellingham,[2] 'involves the arrangement of the main divisions of pure science in a central panel, proceeding downwards from Mathematics, through Physics and Chemistry, and through the inorganic and organic subdivisions of the latter to Geology and Biology respectively. On each side of this panel lie the most related branches of applied science and in many respects the outer edges of these side panels could properly be joined by wrapping the chart around a cylinder; thus Mechanical Engineering and Electrical Engineering would thereby be justifiably brought together, as well as the two areas which it has been convenient to provide for Chemical Engineering.' Ellingham felt that the hierarchical aspects of the chart might be broken down if the chart were spread over the surface of a sphere. In this chart he endeavours to bring in additional dimensions 'by setting the type at four different angles and, within limited areas, writing the titles of dissimilarly based sub-divisions at different angles as far as possible'. Relationships of one kind are thus indicated by parellel titles, and of a different kind by titles at an angle to one another. Closeness of relationship is normally shown by proximity, but where this is not practicable an attempt has sometimes been made to indicate connections between more distant titles by writing one at such an angle that it is directed towards the other. Thus 'Detergents' points towards 'Surface Energy', and 'Surface Chemistry', and 'Electrometallurgy' towards 'Electrochemistry'.

By looking at this map or chart we see the difficulties facing the cartographers of science!

The problem of the classification of the sciences has important practical consequences in so far as most of our statistics of science involve the use of classificatory schema (eg UNESCO)[3] which are unable to capture any but the grossest features of the structures of science. This seriously limits the utility for planning purposes of the statistics deriving from them. I shall offer the possibility of much needed novel indicators, better able to cope with the fine structure of science.

LITERATURE-BASED MODELS OF SCIENCE

Each year over a million scientific publications of one kind or another are published as part of science's communal process of sharing, peer review, and assignment of intellec-

tual property rights. Ostensibly these publications are written to convey information about scientific theory, technique and phenomena, ie, information about specific units of scientific activity. However, they also, for a variety of social traditions and cognitive reasons, contain other information, eg, institutional, autobiographical, biographical (citations), keywords, etc. The scientific literature, therefore, contains an extremely detailed record of its self-activity on intellectual, social, institutional, national/international and many other levels. (Of course, it is an imperfect and noisy record; for a variety of reasons cogent information may not enter the literature, and some of the information that enters may be ambiguous, inaccurate or spurious).

Thus, the literature of science can provide necessary data for both static (snap shot) and dynamic (over time) models of science. Perhaps we should stress at this point that we are not talking about traditional library science and information retrieval, but the development of models of science capable of showing how different areas of science relate to each other (science 'maps'), and throwing light on how specialities and research fronts develop.

In the past the sheer volume of literature and lack of adequate computing power limited the power and range of literature based models. But these limitations have been much reduced by the development of computerized science literature data bases capable of providing, in a machine readable form, the necessary data.

I propose to discuss three types of literature-based models: journal-journal citation models; co-word models; co-citation models.

JOURNAL-JOURNAL CITATION MODELS

This technique relates journals according to their citation patterns. It is now possible to obtain the data required for such modelling for a large number of journals from the *ISI Journal Citation Reports (JCR)*. JCR lists for a specific set of journals how often a particular journal has been cited in a certain year, what journals have cited it, and how frequently.

The inter-citation patterns for a set of journals can be

entered in a matrix and examined by cluster analysis programmes. Standard software packages such as CLUSTAN are readily available.

This approach to modelling assumes that the more frequently one journal cites another and vice versa, the more likely they are to be concerned with similar topics; and that by measuring such citation patterns we can create measures of 'relatedness' and cluster journals according to their relatedness and thus make a map of an area of science.

One of my students, Andrew Ashton, has been examining biotechnology journals using this technique to create journal maps of biotechnology.

The first product of our clustering is a dendogram (Fig. 2). There are a number of possible ways of presenting this information. The next two figures, 3 and 4, utilize a multidimensional scaling technique to produce a cluster diagram.

Figure 2, the dendogram, shows the relationships between sixty journals that have been sampled from references in biotechnology journals. It is clear that the journals cluster into distinct groups. Figure 3 plots the relationship of these journals according to their principal components.[4] In Figure 4 each cluster of journals is represented by a circle, whose diameter indicates the spread of the journals within that cluster. The smaller the circle the stronger the degree of linkage within the cluster (this is also affected by the number of journals in the cluster). Further, these clusters of journals have been classified and given a subject name. From this map we can see how five basic science clusters and one cluster of interdisciplinary journals feed into a tangled web of applied science and technology clusters - which is biotechnology proper. This is obviously not a definitive map of biotechnology, but it does serve to illustrate how even such a relatively crude yard stick as journal-journal citations can allow one to derive a map offering a general overview of the interrelationships between various scientific and technical fields, providing an aid to understanding a particular cognitive network.

BIOTECHNOLOGY CLUSTER ANALYSIS 004 (CITED006, 60-60, C1, H6)
A.CHEM.R
CHEM.REV
J.AM.C.S
J.P.
CARB.RES
CH.IN.LO
C.C.Z.C.S
D.A.N.SS
M.RE.RES
AICHE.J
CH.EN.SC
BIOT.BIO
A.B.C.TO
A.AG.CH.
J.ANTIBI
J.NY.A.S
NATURE
P.N.A.S
FED.PROC
SCIENCE
BIOCH.PH
J.MEM.BI
PL.PHYSI
PHO.PHOT
LIPIDS
AN.CHEM.
AN.CH.AC
J.CHROMA
ENV.SC.T
CLIN.CHE
CL.CH.AC
J.AG.F.C
J.FO.SCI
J.S.F.AG
J.ANIM.S
J.DAI.SC
AP.EN.MI
C.J.MICR
AR.MICRO
J.C.MICR
GENETICS
J.BACTER
M.C.GENE
AN.BIOCH
A.R.BIOC
B.B.R.CO
J.BIOL.C
B.BIOL.A
AR.BI.BI
BIOCH.US
BIOCH.J
FEBS.LET
EU.J.BIO
J.BIOC.T
CELL.AC.
NU.AC.RE
J.MOL.BI
J.G.VIRO
J.VIROL
VIROLOGY
14.263
12.772
11.281
9.790
8.299
6.807
5.316
3.825
2.334
0.843

FIG. 2

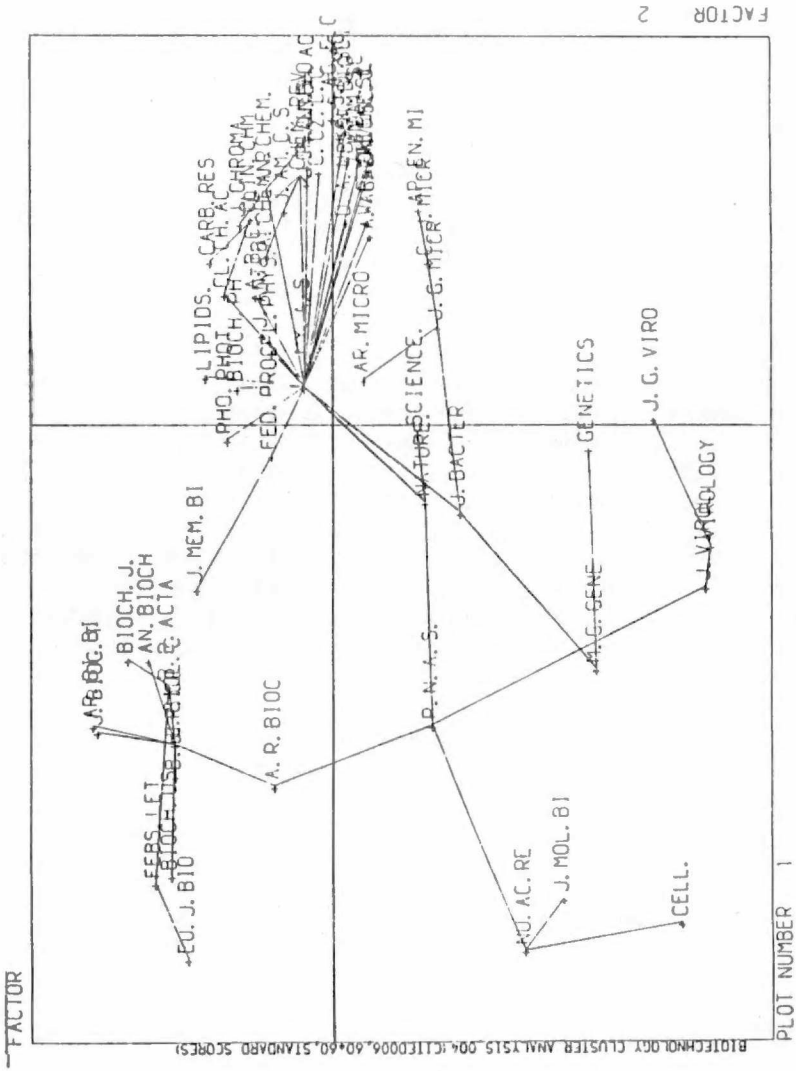
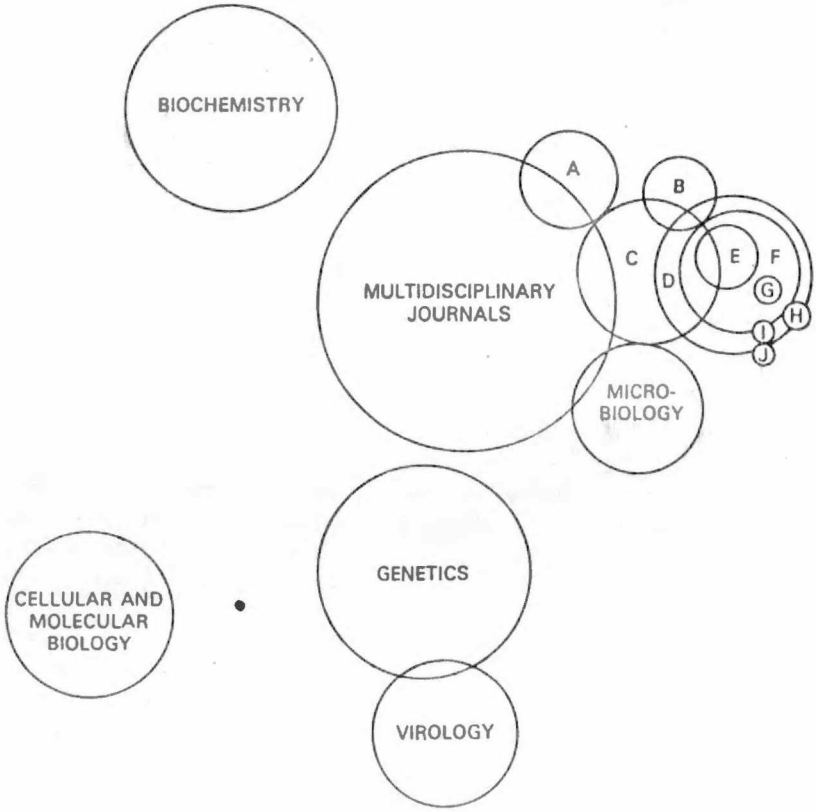

FACTOR 2
FACTOR
PLOT NUMBER 1
BIOTECHNOLOGY CLUSTER ANALYSIS 004 (CITED006,60*60,STANDARD SCORES)
LIPIDS.
CARB. RES
PHO. PHOT
BIOCH. PH
FED. PROC
J. MEM. BI
BIOCH. J.
AN. BIOCH
A. R. BIOC
FEBS. LET
EU. J. BIO
AR. MICRO
J. G. MICR
AP. EN. MI
SCIENCE
J. BACTER
GENETICS
J. G. VIRO
M. G. GENE
P. N. A. S.
J. MOL. BI
CELL.

FIG. 3

BIOTECHNOLOGY RELATED JOURNALS CLUSTER DIAGRAM



A: Plant Physiology and Biochemistry
B: Clinical Chemistry
C: Antimicrobial
D: Applied Chemistry
E: Basic Chemistry
F: Analytical Chemistry
G: Biotechnology Bioengineering
H: Food Science
I: Animal/Dairy Science
J: Chemical Engineering

CO-WORD ANALYSIS

M. Callon *et al.* at the Centre de Sociologie de L'Innovation in Paris used another approach to mapping science. Their method, co-word analysis,[5] draws upon the key-words or descriptors, that are employed by the documentation services to index the contents of papers and other publications, to structure the scientific literature according to networks of interrelationships of keywords.

This method is based upon the view that the language - and specifically the words - used in scientific articles reflects the nature of the problem being tackled. That is, particular problems draw upon specific sets of words. Further, that these word sets are constantly being restructured as previously separate problem areas are brought together, or as problem areas are subdivided, by actors in the scientific and technical community. Briefly, the developers of this approach argue that keywords, or rather the specific co-associations of keywords, provide a route to opening up for examination the cognitive and social networks of science and technology.

The starting point of this method is a set of scientific or technical publications, eg, journal papers, patents, conference papers etc. It is generally most convenient to obtain the sample by a search of a computerized bibliographic data base. Such systems usually index documents, as a minimum, according to the following set of indicators:

a. Title
b. Keywords or descriptors
c. Abstract
d. Authors' names
e. Their institutional affiliations
f. Source - periodical, patent, book, etc.
g. Language
h. Country of origin
i. Date of publication.

These indicators can be drawn upon by science map makers to elucidate the cognitive and social networks of scientific and technical fields.

The first step in co-word analysis concentrates upon producing a list of key words appearing in a document set.

The keywords are classified in descending order, according to their utilization frequency in the set. There is a cut-off point at about 500 words (it has been found that, in practice, word lists larger than this create computational problems without providing greater analytical advantage). The second step is to work out the co-occurrence of words in the list of 500; these are counted and placed in a matrix. In this fashion documents can be linked according to the frequency with which they share keywords. With appropriate software, 'maps' can be created which, it is argued, reflect the structure of research fronts. Co-word analysis, claim its authors, 'shows when new concepts appear, new techniques appear, and old ones disappear'. It is possible to overlay on such maps - drawing upon the other indicators contained in the bibliographic data base - sociological linkages, eg, between researchers, institutes, firms, and/or countries. Fig. 5 is an early example of a co-word map.[6]

CO-CITATION CLUSTERING[7]

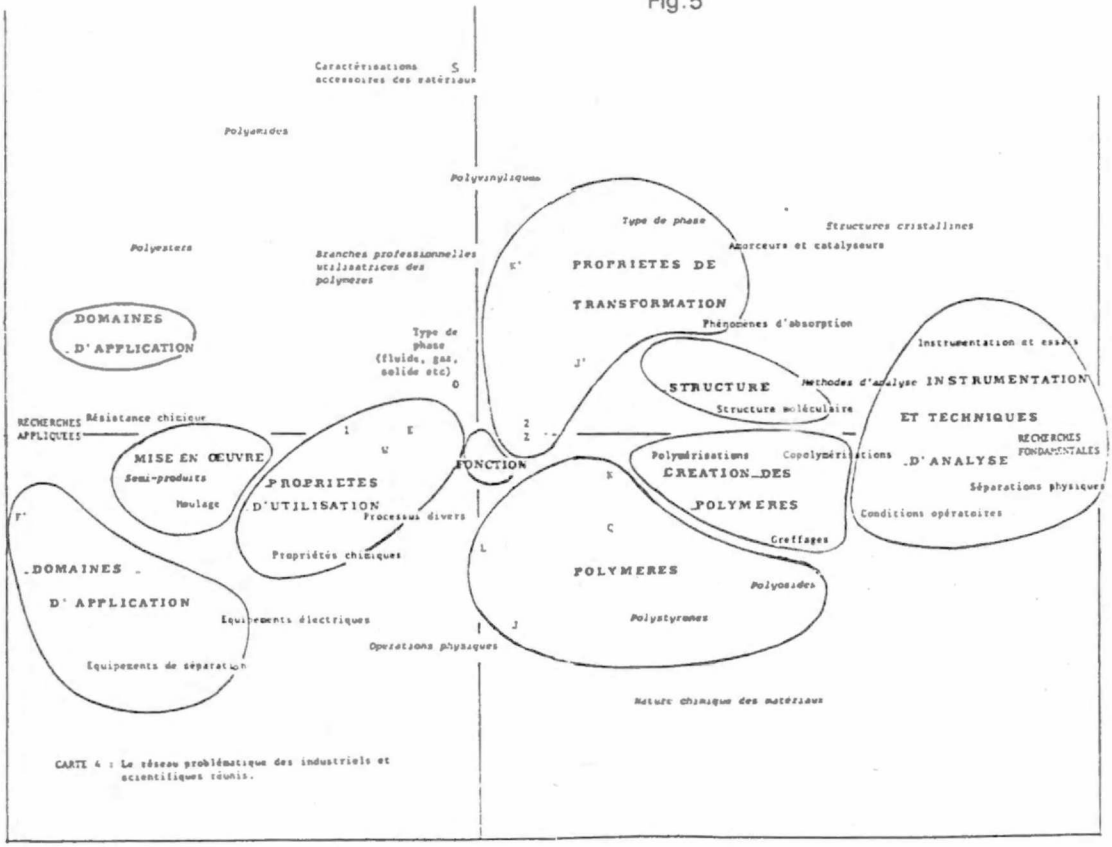
Co-citation uses the practice of citation (referencing) to measure common intellectual interests between any two papers. Thus, if paper A cites papers X and Y, then X and Y are co-cited and perhaps have something in common intellectually and/or socially. If paper B also cites both X and Y, this possibility is strengthened. If yet another paper C cites both A and B at this level, we see a cluster forming of papers probably relating to a particular scientific topic. The Science Citation Index data base can be processed to create co-citation clusters - groups of highly cited papers that are frequently cited together.

THE CREATION OF LITERATURE-BASED MODELS OF SCIENCE[8]

It is clear that if the SCI is to be a source of useful models of scientific activity then (i) the body of scientific literature to be analyzed must be a statistically representative sample of the field of science being examined and (ii) the modelling technique has to be able to pick out signals from noise and control variables that might lead to ambiguous patterns. The co-citation clustering analysis software, developed at the Institute for Scientific Information (ISI) in Philadelphia, is said to meet these criteria.

The basic ISI approach to co-citation modelling of scientific literature involves a series of data analyses and

Fig.5



CARTE 4 : Le réseau problématique des industriels et scientifiques réunis.

computational steps:

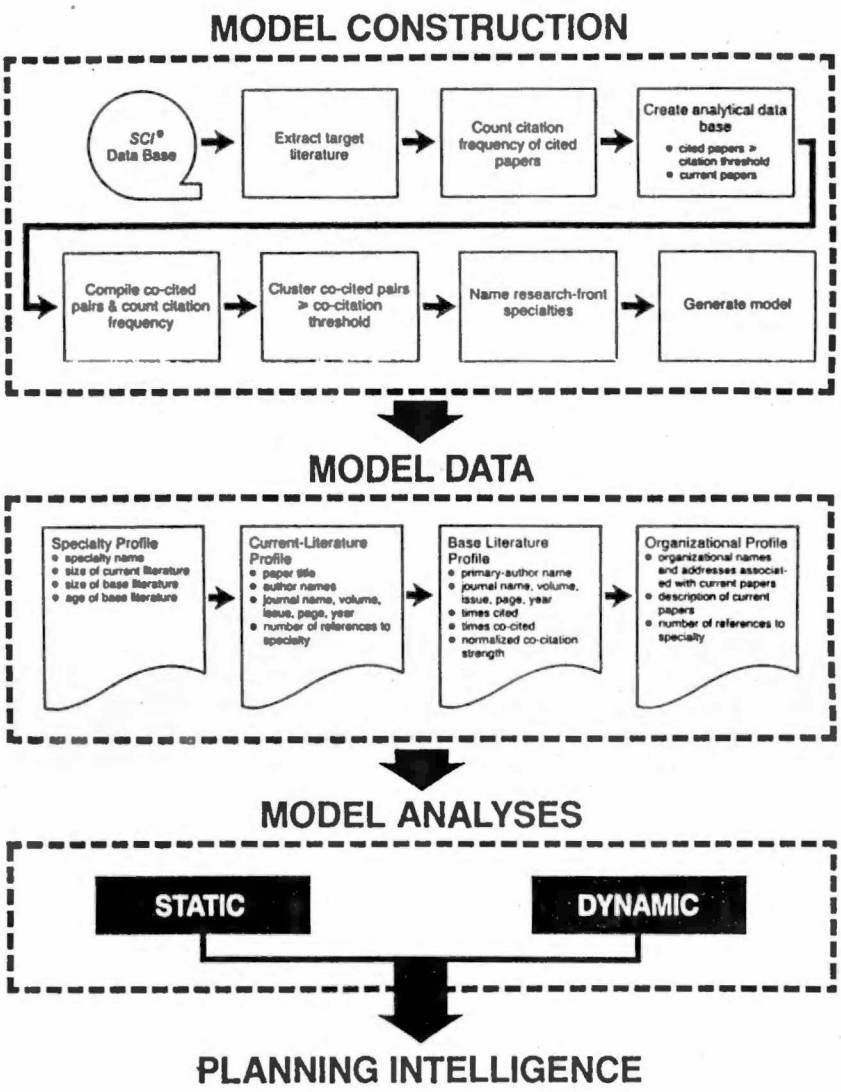
(i) One begins the operation by obtaining access to one of the ISI citation data bases.
(ii) A 'target' literature is identified and extracted.
(iii) The citation frequency of cited papers is calculated.
(iv) An analytical data base is created containing: cited papers a specified citation threshold, and current 'source' papers.
(v) Co-cited references are identified and their frequency is calculated.
(vi) The co-cited pairs $\geq$ some specified threshold of co-citation are clustered.
(vii) By creating such co-citation clusters the target literature has been 'regionalized' into research front specialities (which can be named on the basis of a content analysis of their component papers and/or papers citing into the clusters).
(viii) Sample research fronts for modelling.
(ix) Generate models.
(x) Analyze models.

This first section of Fig. 6 (obtained from L. Simon of the Centre for Research Planning) summarizes the technique, and the data available for model making, while the Institute of Scientific Information has published an Atlas of Biochemistry[9] which shows through a set of maps how biochemistry might be regionalized into a set of research front specialities.

MODEL ANALYSES

The second half of Fig. 6 shows the kinds of questions that might be raised in the analysis of the models produced by co-citation analysis.

I think it is clear from these that for each speciality research front, the models could be used to create sets of 'activity indicators'. However, the nature and significance of activity indicators needs study, eg, do changes in the base literature of a specialism signal a change in intellectual focus? Very little work has yet been done on such activity indicators; they are potentially extremely important technical novelties since they go well beyond the rather crude citation ranking/impact tables of earlier studies or our own limited 'maps' of science shown in Fig. 3 and 4 and suggest ways of building dynamic models[10] of


MODEL CONSTRUCTION
SCI® Data Base
Extract target literature
Count citation frequency of cited papers
Create analytical data base
• cited papers ≥ citation threshold
• current papers
Compile co-cited pairs & count citation frequency
Cluster co-cited pairs ≥ co-citation threshold
Name research-front specialties
Generate model
MODEL DATA
Specialty Profile
• specialty name
• size of current literature
• size of base literature
• age of base literature
Current-Literature Profile
• paper title
• author names
• journal name, volume, issue, page, year
• number of references to specialty
Base Literature Profile
• primary-author name
• journal name, volume, issue, page, year
• times cited
• times co-cited
• normalized co-citation strength
Organizational Profile
• organizational names and addresses associated with current papers
• description of current papers
• number of references to specialty
MODEL ANALYSES
STATIC
DYNAMIC
PLANNING INTELLIGENCE

PLANNING INTELLIGENCE

From Static Analysis

hat are the primary regions of activity? What are the primary cal points of activity in these regions? What is each concerned th?

hat organizations, people, and countries are associated with ese local points? Are any dominant? Are any dominant in more an one local point?

hat are the relative levels of activity in the local points? Is there y significant difference from one to the other? If so, which are gh and which are low?

hat specialties are involved in each of these local points? Are y being driven by a new set of ideas, which promise rapid dvance?

there any interaction between these local points? If so, what e the linking specialties? Are the links what one would expect?

e there any relatively isolated specialties in these regions? If , what local points are they linked to and where do they con- ect? Are any of them unexpected? Do any of them represent ew directions (as indicated by the age of the ideas driving em)?

there any work being done outside the regions that have been fined? If so, what is the nature of that work? Is any of this work lexpected? Does any of it show higher levels of activity than pected? Does any of it represent new directions (as indicated unexpected links or new ideas)?

hat people, organizations, and countries are associated with tivity features of special interest?

From Dynamic Analysis

- What new specialty areas of activity have developed along the research front, which are the most significant, and in what way?
  - What is the nature of their activity?
    - intellectual focus?
    - interaction with other areas?
  - How big are they?
  - How fast can they be expected to advance?
  - What organizations are most active in them? Do industrial, academic, or government organizations dominate?
  - What countries are most active in them?
  - Who are the leading people in them?

- What specialty areas of activity have fallen behind the research front?
  - What is the nature of their activity?
    - intellectual focus?
    - interaction with other areas?
  - How big are they?
  - What are the leading organizations in them? Do industrial, academic, or government organizations dominate?

- Which of the continuing areas of specialty activity have changed significantly?
  - Which are growing, decaying?
  - Which have changed their intellectual focus? What is the nature of the change?
  - Which have had an infusion of new ideas, which can be expected to speed up the rate of advance?
  - Which have had a turnover of dominant organizations? Has the turnover moved the organizational orientation from academic or government to industrial, or vice versa?
  - Have any had a change in the geographic orientation of activity?
  - Have any had a turnover of leading people?

- What regional areas of activity have changed significantly?
  - Which are growing, decaying?
  - Which have had a change in direction? What is the nature of the change?
  - Which have had a change in the organizational orientation of activity? What is the nature of the change?
  - Which have had a change in the geographic orientation of activity? What is the nature of the change?

the progress of scientific specialisms.

CONCLUSIONS

We are aware that there has been, and still is, a critical debate about the status of citation analysis in general, and note that it has several sharp critics.[11] The approach we are discussing offers a significant advance on earlier, and often crude, use of citation-based methods and opens the way to a far more sophisticated development, theoretical as well as applied. Co-word analysis avoids the 'citation problem', but at the expense of introducing others.[12]

The study of the social organization of research areas and specialities has, over the last decade, become an important field of research within the sociology of science. Co-citation science maps have been used to study the structure of specialities, and these have begun to go beyond the sociological properties of networks to the problem of cognitive change and citation patterns with respect to the nature of scientific paradigms. Such studies could be of value in raising the level of r&d planning and strategic analysis for improved science research policies. Unfortunately the linkage between the mainstream of sociology of science and science/technology policy studies seems to be rather weak[13] and there is certainly a need to strengthen the linkage between these fields.

The development and growth of what the OECD terms 'the Science and Technology Enterprise' is regarded as an especially important factor in 'change' in our contemporary industrial society. There is, therefore, a deep and growing interest in the development of science and technology indicators. Callon *et al.*[14] have argued that 'the elaboration of a scientific and technological policy necessitates systematic information of strategic sectors of research, their interdependencies and relative positions of different countries in various fields. This explains the importance of procedures which permit the appreciation (at a given moment) of research fronts, their evolutions and interactions, and which also provide a means of comparing individual countries to ascertain the strong and weak points of their research'. A similar case might be made for the needs of corporate organizations and institutions, etc. In the light of recent reactions[15] perhaps we should add that

we are not seeking to eliminate the role of the expert and peer review procedures in the policy making process. Rather, we are seeking to find out whether they can be supplemented by creating, as Callon *et al.* put it, 'an objective base to compare different arguments and facilitate the confrontation of opposing evaluations'.[16]

The bulk of science indicators contained in official publications are highly aggregated, eg total number of life scientists, total number of papers published in chemistry, and so forth. There is a need for lower level aggregation indicators to provide a view of the fine detail of the structure of science which would tell us something 'about the dynamics of the scientific enterprise as various fields advance and incorporate new knowledge that emerges from research'.[17] Policy decisions and/or force of economic circumstance, as well as its inner dynamic development, will alter the growth patterns of science. Such changes will possibly be expressed in terms of 'crisis' by those experiencing them most directly. The ability to draw upon reliable dynamic models of science providing unobtrusive indicators could add a new dimension to planning research. Such models might operate at various levels of aggregation; eg, of several disciplines for an overview by a research council,[18] down to a selected set of clusters for the planning group of a specialist laboratory or research team. However, all this depends on the extent to which these models reflect the realities of scientific development - which in turn requires that they be validated by sociological and historiographic studies, and, finally, the skills for interpreting such models from a policy perspective need to be developed also.

REFERENCES

1. H.J.T. Ellingham, 'Divisions of Natural Science and Technology' in The Royal Society Scientific Information Conference Report, 21 June - 2 July 1948, Royal Society, London, 1948, pp. 477-84.
2. *Ibid.* p. 480-84.
3. Recommendations concerning the international standardization of statistics on science and technology, OECD, Paris, 27th November, 1978; 'Statistics of Science and Technology - Latest available data', CSR-S-8, May 1980, UNESCO, Paris, pp. 8-9.
4. B. Everitt, *Graphical Techniques for Multivariate Data*,

Heinemann, London, 1978.

5. It is not possible in a paper of this nature to provide more than a brief description of the method of co-word analysis. A full and clear description can be found in: W.A. Turner, J.P. Courtial, S. Bauin, and C. Lampart, 'CARTINDEX des Sciences et des Techniques', Colloque de la NIDIST, les 24-26 février 1983, Assemblée Nationale, Paris, and: M. Callon, J.P. Courtial, W.A. Turner, S. Bauin, 'From Translation to Problematic Network: An Introduction to Co-Word Analysis', *Social Science Information*, 1983 (forthcoming).
6. From M. Callon *et al.*, 'Proxan: a visual display technique for scientific and technical problem networks', Second Workshop on the Measurement of R&D output, December, 1979, OECD, Paris.
7. H.G. Small and B.C. Griffith, 'The structuring of scientific literature' I and II, *Science Studies*, vol. 4, pp. 17-40 and 339-65, 1974. Also E. Garfield, *Citation Indexing*, John Wiley, New York, 1979.
8. Private Communication. Len Simon and Roberts H. Coward: 'Literature models of science for research planning', Centre for Research Planning, Philadelphia, undated.
9. ISI *Atlas of Science: Biochemistry and Molecular Biology 1978/80*. Philadelphia, USA, 1981. This has been briefly described by E. Garfield in *Current Contents*, 19 October 1981, pp. 5-13.
10. See for example R.H. Coward 'Tracking scientific specialities: indicator applications of time series clusters'. Science and Technology Indicators Conference, September, 1980, OECD, Paris.
11. See, for example, D.O. Edge, 'Quantitative measures of communication in science: a critical review', *History of Science*, xvii, pp. 102-34, 1979.
12. For example, one might raise the problem of the selection of keywords by indexers; one is not sure of the degree of distortion, introduced by the indexing process, in what appears at first sight to be author-created linkages.
13. H.D. White and B.C. Griffith, 'Authors as markers of intellectual space : co-citation in studies of science, technology and society'. Paper presented to a Symposium on The Scientific Literature as a Mirror of Science : Quantitative Studies, at the 1981 meeting of the American Association for the Advancement of Science,

Toronto, Canada.

14. Callon *et al.*, 1979, *op. cit.* pp. 1-2.
15. 'Researching the researchers', *New Scientist*, 28 April, 1983.
16. Callon *et al.*, 1979, *loc. cit.*
17. *Ibid.*
18. The Advisory Board for the Research Councils and the Social Science Research Council have recently initiated a study which will model a research area for each research council, using both the co-word and co-citation approaches. The research fields to be modelled are: Protein nutrition and requirements in ruminants; Protein crystallography; Ocean Currents; Mathematics; Cognitive Psychology.

Science and Technology Policy in the 1980s and beyond

Edited by
Michael Gibbons
Philip Gummett
Bhalchandra Udgaonkar

Longman
London and New York

7 Indicators of Output of Technology

P.P. Saviotti
Department of Science and Technology Policy, and
A. Bowman
Statistical Laboratory, both University of Manchester

INTRODUCTION

The importance of technological innovation and of technological change are widely recognized. However, the extent and mechanisms of their contributions to economic and social development are not yet known sufficiently well. Policy makers at different institutional levels (firms, governments, etc.) are, therefore, left in a great uncertainty about ways of stimulating technological innovation and about its likely effects. Attempts to quantify inventive and innovative activity have in the past resulted in the development of input indicators structures, for example, on r&d expertise and r&d employment. Statistics about these indicators have been regularly collected by both firms and national governments for a number of years.

Far less advanced is the state of development of indicators of output of technology. However the assessment of past innovation policies and the design of future innovation policies depend, among other factors, on being able to relate inputs and outputs of the innovative process. Likewise, it will only be possible to assess the contributions of technological change to economic and social development if reliable indicators of output become available.

Different approaches to the measurement of the output of technological innovations and change have been tried, based for example, on patents or on the hedonic price method.

INDICATORS OF OUTPUT OF TECHNOLOGY

While they have proved useful in particular circumstances, none of them has a general applicability. In this chapter a framework that could accommodate more than one indicator of technological output is presented. Some results which have been obtained in our attempt to apply this framework to the development of aircraft technology will then be discussed. These are preliminary results and this chapter is better described as a report of work in progress than as the description of a finished piece of work. The data base used is about aircraft technology. It is not sufficiently extensive to allow a proper study of aircraft technology, and so this chapter is more appropriately considered as a methodological exercise in the application of the framework which will be illustrated.

A FRAMEWORK FOR THE ANALYSIS OF PRODUCT CHARACTERISTICS

This framework has been developed in a previous paper.[1] Here only a short description of it will be given in order to explain the subsequent applications to the development of aircraft technology.

Within this framework a product is considered to consist of two sets of characteristics, called technical characteristics (X) and service characteristics (Y). A product is usually the output of a producer institution and an input to the user institution. The user institution will be almost exclusively concerned with the services that the product can perform. The producer institution, on the other hand will have to be concerned with both technical and service characteristics. Its unique realm of expertise will consist in the manipulation of technical characteristics in order to provide the required levels of services. In other words, technical characteristics are related to service characteristics by a pattern of mapping. This pattern of mapping gives the relative efficiency with which each technical characteristic contributes to each service characteristic. (figure 1)

A product will usually be produced through a process. In principle, process technology could be described by means of a characteristics approach similar to the one described for product technology. This chapter, however, is almost exclusively concerned with product technology. The services supplied by a product will have a cost, determined by the nature of process technology and by the price of the

inputs required by the product itself.

The services performed by a given product can be divided into three categories: main services, those services that determined in the first place the introduction of the technology; complementary services, services that facilitate the performance of the primary services and externalities, unwanted services jointly produced that must be minimized.

RELATIONSHIP TO INNOVATION MODELS AND THEORIES

Within this framework changes in technology will take place in the form of changes in technical or service characteristics levels, of changes in the pattern of mapping or of changes in the relative importance of various characteristics expressed by weights. Of course, new characteristics, either technical or service, can appear at times during technological evolution. A description of the changes of all these dimensions in a characteristics representation of a given product would constitute a form of technological mapping.

Technological substitution would be characterized by the appearance of new technical characteristics (Xi) which supply partly or totally new service characteristics (Yj), giving rise to partial or pure substitution respectively (figs. 2 and 3). An entirely new product would be represented by the simultaneous appearance of new technical (Xi) and service (Yj) characteristics. (figure 4)

Students of technological innovation have long been aware of the great differences existing between different types of innovations. Innovations have, therefore, been classified as radical or incremental, depending on their relative degree of novelty. Similarly, changes in technology have been distinguished into continuous and discontinuous. The concepts of dominant designs,[2] technological regimes,[3] and of technological guideposts,[4] have been proposed to describe the discontinuity that would arise at some time during the process of technological development as a result of the adaptions of considerably new technical approaches. These new approaches once introduced would constrain subsequent developments to modifications of the chosen approach.

Often the firms in an industry converge over time on a

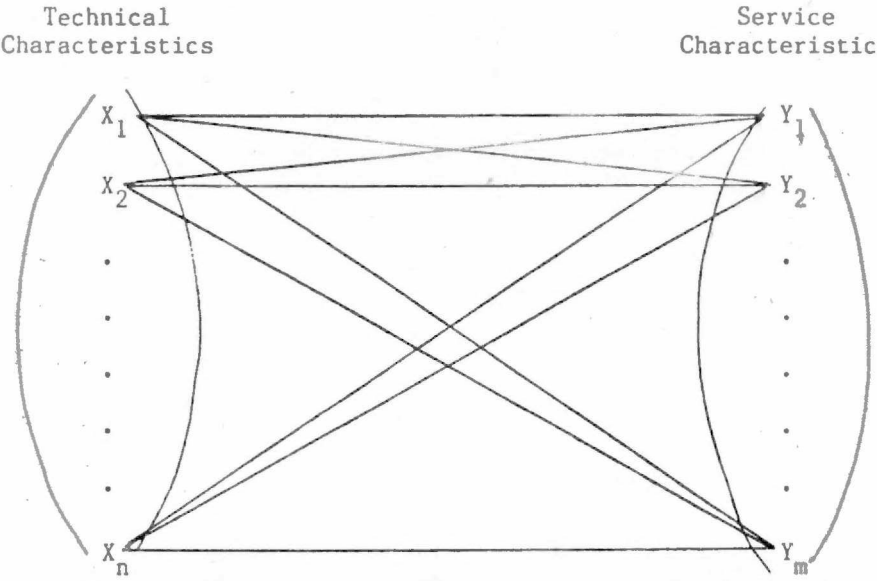


Figure 1: Representation of a product as two sets of characteristics, technical and service and, a pattern of mapping.

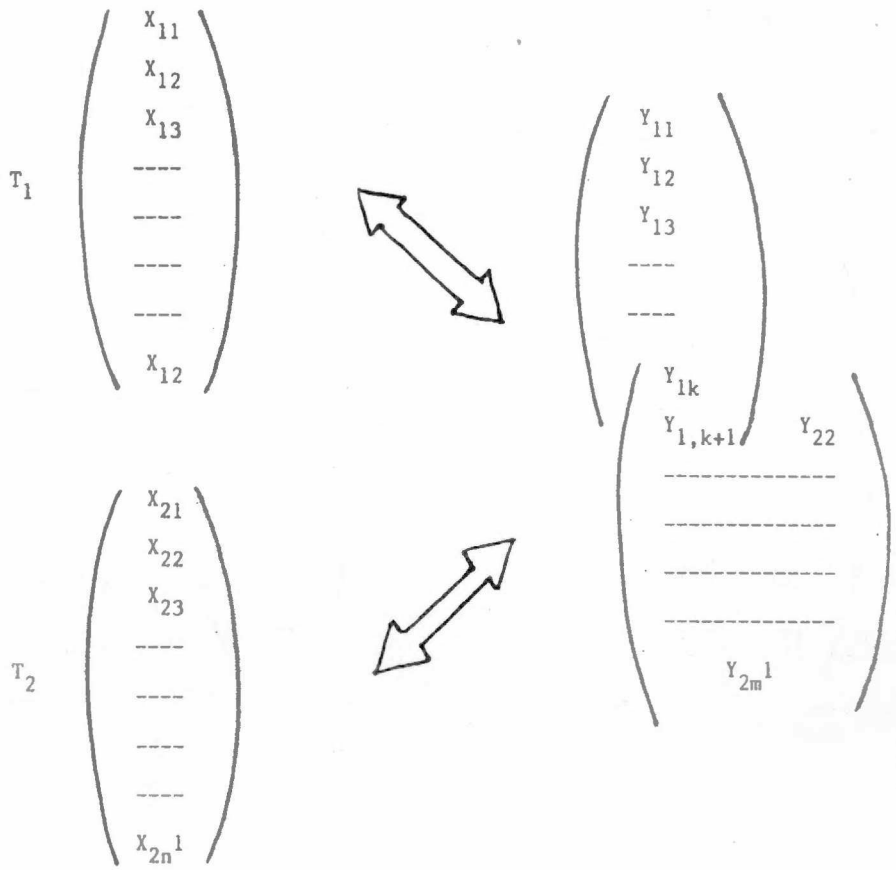


Figure 2: Partial subsitution in terms of a characteristics' framework

T_1 = pre-existing technology

T_2 = new technology

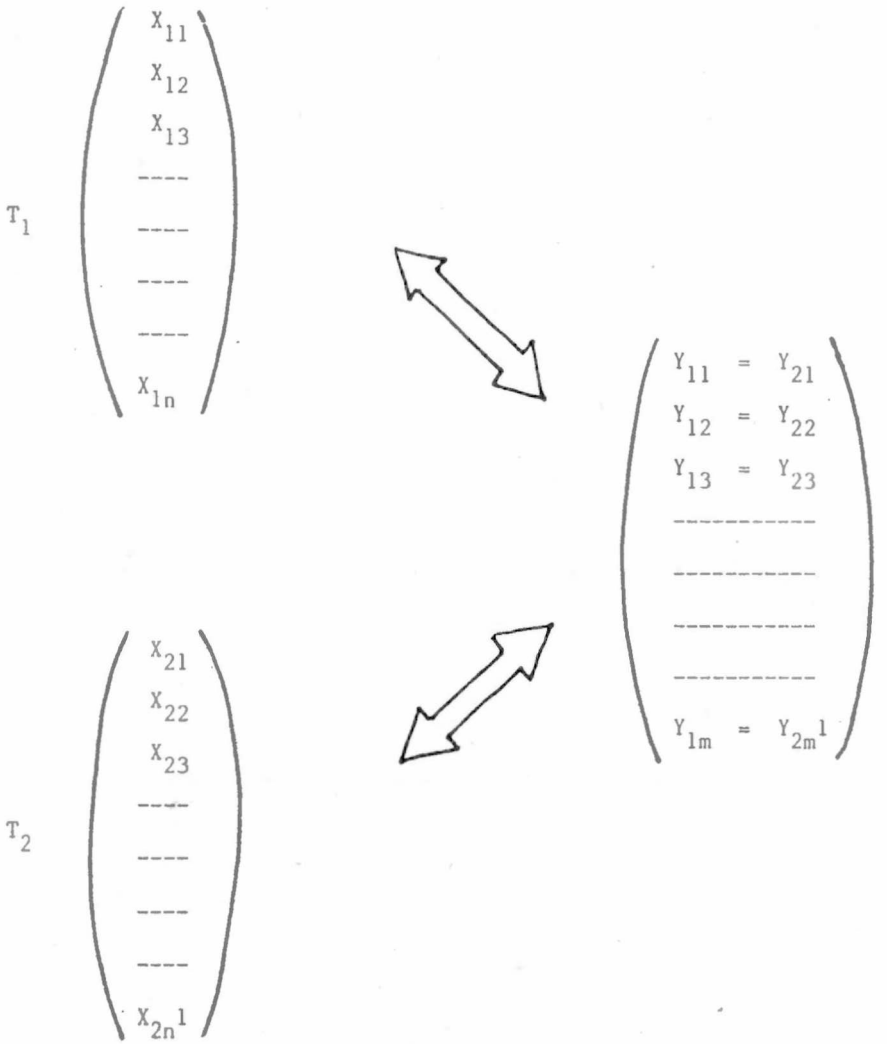


Figure 3: Pure substitution in terms of a characteristics' framework

T_1 = pre-existing technology

T_2 = new technology

INDICATORS OF OUTPUT OF TECHNOLOGY

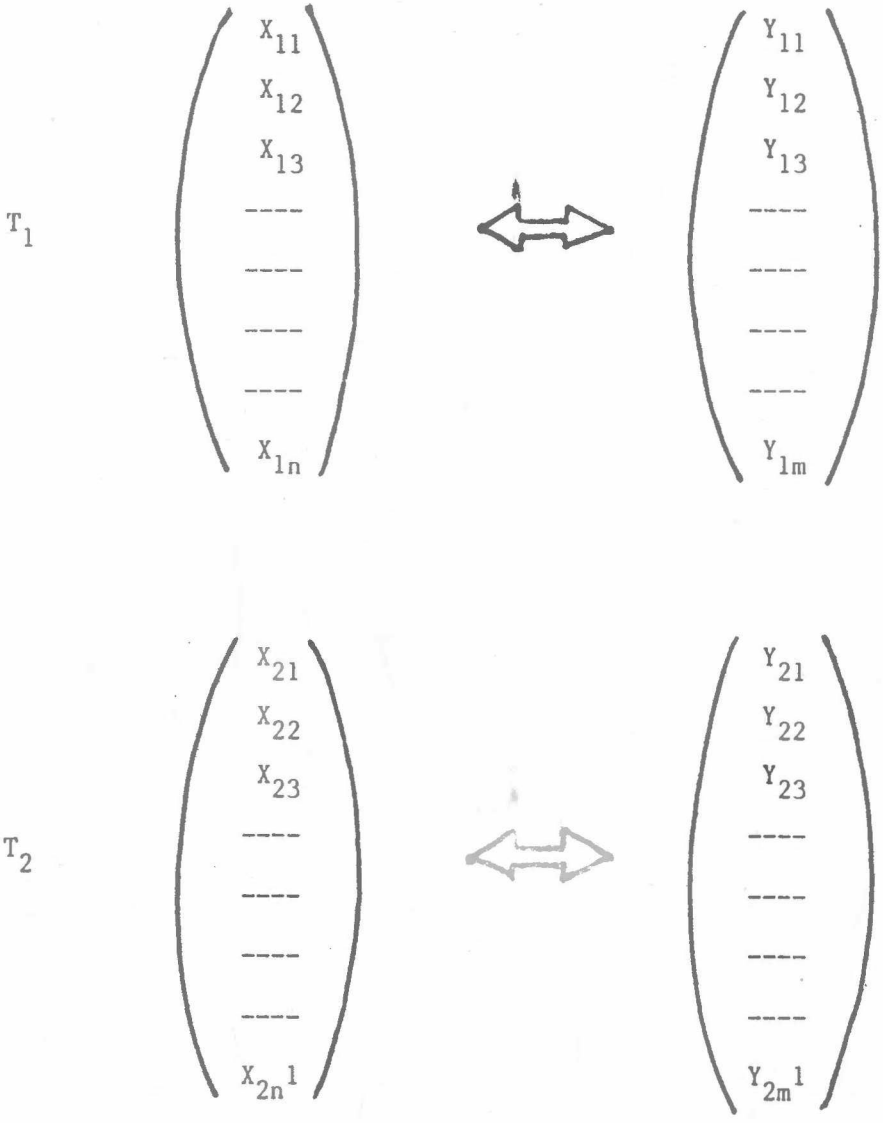


Figure 4: New product in terms of a characteristics' framework

T_1 = pre-existing technology

T_2 = new technology

dominant approach and even the directions for improvements chosen within the dominant approach tend to be very similar. Nelson and Winter[3] have proposed the concept of natural trajectories to represent these common directions for improvement within a given technological regime. Natural trajectories are defined as heuristics guiding the search for improvements within given technological regimes and partly independent from demand factors. Dosi[5] has compared natural trajectories to paradigms.

The framework described in this chapter seems to offer the possibility of giving a greater empirical content to the general concepts previously illustrated. The appearance of a new technological regime will, for example, imply the need to use at least some new technical characteristics. Natural trajectories could be characterized by the preferential improvement of some technical and service characteristics or by a constant pattern of mapping. The examples which will subsequently be given in the description of the development of aircraft technology hopefully will help to clarify these applications.

THE CONSTRUCTION OF INDICATORS OF TECHNOLOGICAL OUTPUT

Within the framework illustrated in this chapter technological change can take the form of changes in characteristics levels, in the relative weights of characteristics and in their pattern of mapping.

The construction of an indicator of technological output implies the combination of known characteristics levels with generally unknown weights and patterns of mapping. The pattern of mapping can in principle be derived from a comparison of the past evolution of technical and service characteristics. Characteristics weights, on the other hand, depend, at least partly, on the economic environment in which the technology is used (user environment). It will only be possible to derive characteristics weights by correlating variables characterizing the user environment (prices, sales, market shares etc.) with technical and service characteristics. A number of user environment based methods can be developed in this way. An example of this type is the hedonic price method, in which characteristics weights are derived by correlating the prices with the characteristics levels of particular pieces of equipment.

The availability of information about different technologies tends to be quite uneven. Generally, information about characteristics levels tends to be more easily available than information about the user environment. It could, therefore, be useful to develop an approach to the construction of indicators of technological output based exclusively on technical and service characteristics. If the evolution of these characteristics was completely unrelated to changes in the user environment then the indicators derived in this way could only be useful for internal technological purposes. However, it seems very unlikely that the evolution of service characteristics is not, at least partly, determined by demand patterns. If this is the case the levels of the most wanted service characteristics should increase more rapidly than those of the less wanted ones. This seems to imply the possibility of deriving explicit weights based on the relative degree of change of various service characteristics. Useful information would also be provided by measures of distance, constructed from changes in the characteristics, between different stages of development in a given technology.

AN APPLICATION TO THE EVOLUTION OF AIRCRAFT TECHNOLOGY

As was previously stated, this chapter is intended to be more an exploration of the framework previously illustrated than a study of the development of aircraft technology. The choice of this particular technology was determined mainly by the ease of availability of information. The database used includes 196 aircraft models which appeared in the period 1915-1983. This information was mainly derived from one source, *Jane's Encyclopedia of Aviation*.[6] This source contains information about more aircraft models. The database used here is a relatively comprehensive selection in terms of the aircraft types introduced in the period under study. It is still incomplete in information on manufacturers and countries of production. The present database is sufficiently complete to allow a test of the techniques illustrated but it should be expanded before attempting other applications such as, for example, an analysis of the international diffusion of this technology.

In the database each aircraft model is represented by six technical characteristics and three service characteristics (Figure 5). Two technical characteristics (engine type

evaluation of research

A SELECTION OF CURRENT PRACTICES

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

Pursuant to article 1 of the Convention signed in Paris on 14th December, 1960, and which came into force on 30th September, 1961, the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) shall promote policies designed:

- to achieve the highest sustainable economic growth and employment and a rising standard of living in Member countries, while maintaining financial stability, and thus to contribute to the development of the world economy;
- to contribute to sound economic expansion in Member as well as non-member countries in the process of economic development; and
- to contribute to the expansion of world trade on a multilateral, non-discriminatory basis in accordance with international obligations.

The original Member countries of the OECD are Austria, Belgium, Canada, Denmark, France, the Federal Republic of Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, the Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, the United Kingdom and the United States. The following countries acceded subsequently through accession at the dates hereafter: Japan (28th April, 1964), Finland (28th January, 1969), Australia (7th June, 1971) and New Zealand (29th May, 1973).

The Socialist Federal Republic of Yugoslavia takes part in some of the work of the OECD (agreement of 28th October, 1961).

Publié en français sous le titre:

ÉVALUATION
DE LA RECHERCHE

© OECD, 1987
Application for permission to reproduce or translate
all or part of this publication should be made to:
Head of Publications Service, OECD
2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16, France.

This report has been prepared by Mr. Michael Gibbons and Mr. Luke Georghiou under the direction of Mrs. Montserrat Solanes of the OECD Secretariat. The aim is not to present an exhaustive survey of evaluation practices in OECD countries, but rather to describe the main available techniques and the experience with their use in some interesting cases, the emphasis being mainly on university research.

It draws upon surveys of relevant practices in selected national institutions in the following countries: Canada, France, Germany, Japan, The Netherlands, Sweden, the United Kingdom and the United States. The findings of these surveys were extensively discussed, under the aegis of the OECD Committee for Scientific and Technological Policy, by its *Ad Hoc* Group on Scientific and University Research.

A large number of government and university officials have participated in the various stages of enquiries and discussions. The experts who carried out the country surveys should be specially thanked, notably Mrs. Heidi Kuusi for the surveys of France and Germany, Mr. Stewart Blume for the survey of The Netherlands, and Messrs. Michael Gibbons and Luke Georghiou for the surveys of the United Kingdom, the United States and Canada.

Lastly, special acknowledgement should be made of the valuable comments received from the *Ad Hoc* Group on Scientific and University Research, as well as of the help provided by interested countries for the preparation of the surveys.

This report was reviewed by the Committee for Scientific and Technological Policy, which recommended that it be made available to the public on the responsibility of the Secretary-General of OECD, who subsequently agreed.

Also available

SCIENCE, TECHNOLOGY, INDUSTRY REVIEW No. 1/Autumn 1986 (December 1986)
(90 86 01 1) ISBN 92-64-12888-3 129 pages — £8.00 US$16.00 F80.00 DM35.00
Subscription (No. 2/Spring and No. 3/Autumn 1987)
ISSN 1010-5239 — £15.00 US$30.00 F150.00 DM66.00

RECOMBINANT DNA SAFETY CONSIDERATIONS (September 1986)
(93 86 02 1) ISBN 92-64-12857-3 70 pages — £6.00 US$12.00 F60.00 DM27.00

REVIEW OF NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY:

. FINLAND (March 1987)
(92 87 02 1) ISBN 92-64-12928-6 154 pages — £9.50 US$19.00 F95.00 DM42.00

. AUSTRALIA (August 1986)
(92 86 05 1) ISBN 92-64-12851-4 120 pages — £7.50 US$15.00 F75.00 DM33.00

INNOVATION POLICY:

. FRANCE (February 1987)
(92 86 06 1) ISBN 92-64-12884-0 296 pages — £16.00 US$32.00 F160.00 DM71.00

. IRELAND (March 1987)
(92 87 01 1) ISBN 92-64-12918-9 76 pages — £5.00 US$10.00 F50.00 DM22.00

INDUSTRY AND UNIVERSITY. New Forms of Co-operation and Communication (October 1984)
(92 84 04 1) ISBN 92-64-12607-4 70 pages — £3.50 US$7.00 F35.00 DM16.00

SCIENCE AND TECHNOLOGY POLLICY OUTLOOK – 1985 (June 1985)
(92 85 03 1) ISBN 92-64-12738-0 90 pages — £5.50 US$11.00 F55.00 DM24.00

Prices charged at the OECD Bookshop.

THE OECD CATALOGUE OF PUBLICATIONS and supplements will be sent free of charge on request addressed either to OECD Publications Service, Sales and Distribution Division, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16, or to the OECD Sales Agent in your country.

CONTENTS

Foreword 7

Summary 9

I. Introduction 13

1. Why evaluation? 13
2. Growth, competition and new technologies 14
3. Structure of the report 15

II. Elements in the Organisation of Evaluation 17

A. Scope of evaluation 17
   1. Type of research 17
   2. Object of evaluation 18
   3. Time frame 18
B. Purpose of evaluation 19
   1. *Ex-ante* evaluation 20
   2. *Ex-post* evaluation 20
C. Criteria for evaluation 21
   1. Criteria for project selection 21
   2. Criteria for *ex-post* evaluation 22
D. Organisation and responsibility 23

III. Methods and Techniques 26

A. Methods and techniques 26
B. Methods of evaluation: peer review 28
   1. Direct peer review 28
   2. Modified peer review 30
   3. Indirect peer review 31
C. The method of process evaluation 38
D. Evaluation of economic and social impact 40
   1. Techniques to assess the impact of research 40
   2. Technological indicators 41

IV. Administration of Evaluation 43

A. Centralisation 43
   1. Frameworks for evaluation 43
B. Choice of evaluators 45
   1. Peer review 45
   2. Professional evaluators 46
C. Cost of evaluation 47

V. Evaluation of Scientific Research in Universities 48
A. Introduction 48
B. Establishment of priorities 48
C. Evaluation in the selection of research 49
1. General university funding 49
2. Focus on the individual 50
3. Grade inflation in peer ratings of project proposals 50
4. Provision for termination 51
5. Institutional evaluation at programme level 52
6. Institutional evaluation at the level of national planning 52
7. The peer review system 54
D. Self-initiated evaluations of university research 54
1. External reviews 54
2. Use of indicators 55
3. Linkage to resource allocation 56
E. *Ex-post* evaluation of projects and programmes 56
1. Systematic *ex-post* project reviews 56
2. *Ad hoc* programme evaluation 57
F. Issues in the evaluation of scientific research in the universities 58

VI. Evaluation of Mission-Oriented Research 59
A. Introduction 59
B. Research council programmes with industrial objectives 59
C. Extramural research sponsored by government mission agencies 60
1. *Ex-ante* programme evaluation 61
2. Collaborative research 61
3. Extramural research 62
D. Intramural research sponsored by government mission agencies 62
1. Level of analysis 63
E. Issues in the evaluation of mission-oriented research 64

VII. International Programmes 65
A. Bilateral programmes 65
B. Multilateral collaboration – European Community programmes 66
C. Developing countries 66
D. The international mission 67

VIII. Conclusions 68

Notes and References 72

Bibliography 73

Annex 76

FOREWORD

Evaluation of research is a general concern of OECD Member countries. It is carried out in both public and private sector organisations at all levels – from that of determining individual performance to that aimed at determining the quality and effectiveness of research programmes or the scientific standing and performance of whole institutions. Nevertheless, the evaluation procedures employed in the public sector are often very different from those practised by private firms owing to the different nature of the latter's objectives.

The recent increase in interest shown in the evaluation of research can be explained by several factors including slow (sometimes zero) growth research budgets, increased supranational programming, the growing importance of R&D for all economic activities and, lastly, the consequent need to lay down priorities whatever the area of research (fundamental, applied, development).

The present report is primarily intended to inform people interested in the practices used in different countries. Its deliberately technical approach will help both scientists and decision-makers unfamiliar with these procedures to define the most relevant practices in the light of analysis of the advantages and limitations of them.

The main emphasis is on university research. The section on the methodological aspects of evaluation therefore endeavours particularly to describe procedures based in one way or another on peer review. However, the priority given by the authors to certain university-type procedures in no way excludes other management practices of different institutions with R&D activities.

As the authors point out several times in the report, the elements of evaluation are: scope, purpose, criteria and organisation. The study of the practices currently used cannot, therefore, be expected to produce universal standard procedures. It is important at this point to warn against the risk of confusing significant concepts such as what we shall call the *evaluation approach (or protocol)*, for which a number of general rules can be given, with the *method of evaluation* (for example, peer review) and *procedures* (surveys, visits), which themselves call for different kinds of *tools* (questionnaires, data banks, etc.).

The framework for evaluation in OECD countries reflects their various political and administrative cultures and varies from a pluralistic, decentralised approach to centralised co-ordinated systems placing legally defined frameworks for evaluation across the public sector.

Evaluation incurs costs directly and indirectly, through the opportunity cost of the time of those involved in peer review and the cost to those being evaluated in terms of time and disruption. Direct costs vary but they usually represent less than one per cent of the programme budget. The cost of an evaluation should be proportionate to the scale, importance and innovativeness of a programme.

Future work should continue to collect data on national experiences with evaluations and extend the work to consider the implications for the social sciences and humanities which are becoming more and more important and where there is widespread concern that techniques developed for the natural sciences may be uncritically transferred. It should also look more closely at the evaluation practices in those areas where quality of research is only one of the objectives to be obtained. Evaluation should also address the structures that are supposed to deliver scientific knowledge for the careful analysis of the effects of evaluation on subsequent research performance.

SUMMARY

Evaluation of research is an increasing activity within the OECD Member countries. It is carried out in both public and private sector organisations at all levels from that of determining individual performance to that aimed at determining the quality and effectiveness of research programmes or the scientific standing and performance of whole institutions.

Elements in the organisation of evaluation

The *scope* of an evaluation includes the types of research involved, the object or level to be evaluated and the time frame within which it is to be carried out (*ex-ante*, *interim* or *ex-post*). It may be problematic defining the boundaries of the type and level of research involved.

It is very important to be explicit about the *purpose* for undertaking an evaluation and this should be established in a framework of co-operation between the users of the evaluation, those carrying out the evaluation and those being evaluated.

Criteria for evaluation reflect the type of research and range from scientific excellence to economic and social benefit. Most research involves a combination of these objectives and hence criteria. For project selection the criteria generally applied are scientific merit, the appropriateness of the finance sought and criteria designed to ensure that programme objectives are being met. Evaluation of industrial relevance is problematic. In *ex-post* evaluation, criteria may be extended beyond the original objectives and may involve comparisons, possibly with alternative ways of meeting the objectives.

In the *organisation* of an evaluation the choice of evaluators is crucial. Member countries have various ways of assembling groups of expertise whose impartiality will withstand close professional scrutiny. For smaller countries in particular, the inclusion of foreign experts is often adopted. When it is desirable to broaden the evaluation team to include industrialists, civil servants or even lay people there is a double problem of getting the balance right for the task in hand and providing non-experts with appropriate information so that they can contribute effectively to the evaluation process. Even when trying to relate the results of research to broader socio-economic goals, teams often give more attention to the substantive aspects of the research being undertaken rather than whether if fulfils the higher order objectives.

Clear guidelines should be given to the evaluation team which include the procedures to be followed throughout the study and define the scope, purpose and criteria to be applied. The evaluation team needs to be aware of the context in which the final results are likely to be used. Lack of clarity about the boundaries of an evaluation may threaten the basis of collaboration upon which the whole exercise rests.

Methods and techniques

The methods and techniques used should be appropriate to the evaluation and not determine its structure. Methods should not be adopted simply because they may be applied or easily adapted to existing data bases. Currently, the predominant method employed in the evaluation of research is based on achieving a consensus of expert judgements. This is the case whether the evaluation is trying to establish the quality of research activity or to determine economic implications of a new technology. The most widely used approach is the peer review process. Some criticism of its limitations has led to various experimental modifications. In this study three types of peer review are identified:

i) *Direct peer review* defined as a review by a scientific peer (or peers) carried out specifically for the purpose of determining, and confined to, questions of scientific merit. Criticisms of the method arise when it is applied across specialities especially when resources are severely constrained;

ii) *Modified peer review* is similar but the criteria are broadened to include socio-economic considerations. Balanced judgements are necessary in these circumstances;

iii) *Indirect peer review* adds information based upon peer evaluation made for different purposes and at different times. The majority of this information and analysis is bibliometric.

Bibliometrics is founded upon the assumptions that the output of scientific research is consistently represented by articles appearing in scientific journals; that the number of citations to these articles is a legitimate indicator of their impact or quality; and that accurate data is available. A review of the strengths and weaknesses of the various techniques is given in the main text. Some problems with bibliometrics include the time taken for analysis, bias towards English language journals, poor coverage in the data base of certain fields and lack of adequate coverage of technology.

Process evaluations address the structures and mechanisms of research and are at their most useful where the research has a complex or innovative structure or where several interfaces are involved such as those that might exist between universities or government laboratories and industry.

A significant proportion of scientific research is justified in terms of the socio-economic benefits expected to arise as a result of it. However, linkages between R&D and socio-economic impact are subtle and complex. Consequently, experience with models which try to correlate R&D investment with a variety of economic output measures has been mixed. Such impact analyses are rarely used. The approach most often adopted is to seek the views of the users of the research where these can be identified. The case study approach remains widely applied but can be time consuming, expensive and presents problems of generalisation. Technological indicators are gaining ground as policy tools but their scope goes beyond R&D to the innovation process.

Administration of evaluation

The framework for evaluation in OECD countries reflects their political and administrative cultures and varies from a pluralistic, decentralised approach to centralised co-ordinated systems placing legally defined frameworks for evaluation across the public sector.

Choice of evaluators for the peer review system is typically carried out by existing committees or their secretariats. It is important that evaluators are seen to be objective and hence also the process by which they are selected. The inclusion of foreign experts provides such a mechanism but is restricted by lack of knowledge of a country and its language. Professional evaluators may be sited within an organisation or engaged under contract. The advantage of having evaluators within an organisation is the relevant knowledge they may accumulate and development of an interface with decision-makers. Independent evaluators may draw upon a varied experience and unbiased view but can lack familiarity with the subject matter. Professional ethics for evaluators are important.

Evaluation incurs costs directly and indirectly, through the opportunity cost of the time of those involved in peer review and the cost for those being evaluated in terms of time and disruption. Direct costs vary but a common target figure is one per cent of the programme budget. The cost of an evaluation should be proportionate to the scale, importance and innovativeness of a programme.

Evaluation of scientific research in universities

Evaluation is taking place throughout the university system in most Member countries at a multiplicity of levels. There is a tension between mutual evaluations by scientific peers, which are used to shape the direction and maintain the quality of various disciplines, and the wider demands made upon evaluation as an instrument for changing structures, for determining the allocation of resources and for assessing the performance of certain scientific areas in relation to national needs. Much effort has been focused upon demonstrating quality of science to a wider audience which may not be fully convinced by the peer review system.

Only in isolated examples are indicators used in a mechanical sense for the allocation of resources but where difficult decisions have to be made their consideration is becoming more common despite misgivings. Allocation systems work best where a clear response to a well defined proposal is required. Where whole areas of science or institutions are under appraisal the process is more political. *Ex-post* evaluations when initiated internally are generally aimed at improving performance by self-scrutiny. In other cases evaluations were intended to satisfy a government requirement that the objectives, implementation and outcome of research expenditure be examined.

Evaluation of mission-oriented research

Mission-oriented research is interpreted as including three institutional forms:

- Research council programmes with industrial objectives;
- Extramural research sponsored by government mission agencies; and
- Intramural research sponsored by government mission agencies.

The evaluation of mission-oriented research should be relatively straightforward but this is rarely the case. Objectives often have yet to be fully achieved and both time delays and the complex links to products make *ex-post* evaluation difficult. Both university and agency sponsored programmes have concentrated in their evaluations on the more attainable goal of user satisfaction. Clients may be internal to the organisation or, in the case of strategic research, numerous but difficult to identify. Potential clients may often find it difficult to place a value on the research for they are unable themselves to answer questions about long term developments.

Many countries are currently reviewing the appropriate role and scale of government sponsored research and a recurrent request for evaluators has been to try to compare intramural and extramural research. Most commonly the criterion of comparison has been that of quality of research, with government laboratories sensitive to the suggestion that they do not perform research of comparable quality to that in universities.

International programmes

International programmes may proceed in a number of forms including bilateral contact, multilateral programmes and programmes involving assistance to developing countries. All place additional demands and criteria upon evaluation including logistic problems. Issues include what research is appropriate for a collaborative rather than national approach and how the benefits of collaboration may be secured. For developing countries, many techniques developed in industrial economies are not easily transferable.

Conclusions

There are currently no techniques available which allow different specialities to be compared and ranked through committees responsible for funding research carrying out these activities. Certain bibliometric techniques allow the identification of emerging new fields and an alternative form of ranking is by age of specialities. However, the techniques are more likely to identify promising individuals than promising areas and in this respect will reinforce the existing peer review process.

There are many experiments seeking to enhance peer review by introducing a broader base of information. Though bibliometric methods are diffusing into the peer review process, this has been slow and in no case have we found substantial support for the idea that it will eventually replace peer review. More significant is the growing use of social science methods, questionnaires and structured interviews, to gather information. These can reach large numbers of practising scientists and with the development of electronic communication networks may directly challenge the authority of peer review panels.

The question of value for money from investments in scientific research is increasingly asked in *ex-post* evaluations. In both the elaboration of methods of evaluation and in the experiences of evaluation practices of Member countries the development of value for money criteria lags considerably behind criteria for scientific quality. Much research is needed here.

There is insufficient communication between the results of *ex-post* evaluations and subsequent *ex-ante* resource allocation decisions. *Ex-ante* evaluations are still largely the preserve of expert consensus while *ex-post* evaluations are increasingly becoming the preserve of a cadre of professional evaluators. Care must be taken to avoid a separation between the two.

Future work should continue to collect data on national experiences with evaluations and extend the work to consider the implications for the social sciences and humanities where there is widespread concern that techniques developed for the natural sciences may be incritically transferred. It should also look more closely at the evaluation practices in those areas where quality of research is only one of the objectives to be obtained. Evaluation should also address the structures that are supposed to deliver scientific knowledge for the careful analysis of the effects of evaluation on subsequent research performance.

I. INTRODUCTION

Evaluation of research is carried out in both public and private sector organisations, at all levels, in every OECD Member country. In some of these countries, evaluation is more systematically pursued than in others but this should not obscure the fact that evaluation – trying to determine whether policies have really made any difference – is, and probably always has been very widespread. In this study, we have examined only a small subset of the total activity of evaluation; that concerned with the evaluation of research. But, even here, we have encountered an upsurge of interest and, in some cases activity. However, research covers many different types of activity and because of this the evaluation of research is undertaken for many reasons and in a variety of contexts. One consequence of this is that evaluations differ greatly in their scope, purpose, criteria employed and, to a somewhat lesser extent, their methods. This diversity has made it extremely difficult to compress our findings into a completely satisfactory conceptual framework or to elicit from the empirical materials a code of practice to guide policy-makers in the future. Indeed, the analysis of the evaluation of research in a given country depends on the specific social function of science in that country, and in particular on the structure and organisation of the national research system. In practical terms, this means that the problem of evaluation will not be perceived and, therefore, not be approached in the same way in different countries and that not much progress will be made by a culling of experiences of other countries in search of one unique "best technique". In evaluation studies as in every other area of research the method has to be appropriate to the aims and purposes of the evaluation. In the most effective of the evaluations we have encountered the purpose, scope and criteria to be applied have been thoroughly worked out and discussed both by the institution requesting the evaluation and by those being evaluated.

1. Why evaluation?

The evaluation of research is currently a preoccupation of every Member country; at the very least expressions of interest in the topic appear to be virtually universal. Why should this be so? In particular, why should this be so in the mid-1980s? The most frequent answer is given in terms of the "realities of economic life". Beginning with the oil crises of 1973 and 1974 and throughout the recession that followed them, economic activity slowed down while inflation and unemployment increased. For most government research agencies as well as for the universities, this recession has implied a period of austerity and a critical review of patterns of expenditure. As far as scientific research, particularly that carried out in the universities, was concerned, budget growth rates diminished and in some cases became negative in real terms. In an environment of declining resources, so the argument runs, new activities can be initiated only at the expense of existing ones because all research has to be carried out within a preset envelope of expenditure. In this situation it is necessary to identify

which current activities are worth keeping and which are to be cut back in order to allow new things to emerge. The identification and preservation of "worth" is one of the principal aims of evaluation.

No-one will want to deny that the Member countries have had to weather the storm of a deep recession in economic actlvity, nor that such depressions make difficult choices necessary. But, science as an institution has existed long enough for it to have endured many recessions and in no case have these caused an upsurge of interest in evaluating the results of research; cutbacks have come and gone but few have questioned the quality of research currently being carried out. Why, in the 1980s, then has the evaluation of research become a focus for so much activity? If the explanation is not entirely economic, is it then merely a reaction to an uncertain future? While the evaluation of individual performance has always been intrinsic to science, our experience in carrying out this study does seem to indicate that there is a novel element involved in the sense that in addition to this type of evaluation the performance of research institutions, research councils, governmental laboratories, and universities are also being scrutinised. The emergence of new, exploratory types of evaluation at the institutional level has generated uncertainty, not to say deep insecurity, among those responsible for managing research. At each level of social organisation, it seems, there is a fear that a technique of evaluation will be found that shows their activities in a less than favourable light. One consequence of this has been a good deal of what might be called "defensive" evaluation; that is, rather tentative one-off evaluation of projects and programmes, etc., where it is not clear what the purpose of the evaluation is to achieve or how it might affect the way things are currently done.

2. Growth, competition and new technologies

There is, we feel, a deeper problem of this than simply falling budgets or the paranoia of those being evaluated. It is the *growth* of science and research related activities themselves that is the origin of the resource problems, not the most recent economic recession. During the past 50 years or so, most OECD countries have witnessed an explosion of scientific and technological activities in both the public and private sectors. The point we would make is that science, if it is to remain healthy depends upon competition between experts and that as science has grown competition has intensified for intellectual leadership of each field or sub-speciality. So the question of what is the best science would arise naturally from the dynamics of science itself. It is part and parcel of the activities of specialists to try to differentiate their activities from one another but in so doing they also indicate where pathways of future development are likely to lie. The change that has taken place during the past 25 years in most OECD countries is that competition for intellectual leadership (and, therefore, resources) in research of all types has been moved from the individual to the institutional level. It is arguable that the intensification of the spirit of competition within science would have emerged without either the oil crises or the subsequent recessions. In this case, as in so many others, the depression has merely brought to light, sooner rather than later perhaps, certain structural features of our socio-economic life. Competition is an intrinsic part of the institutional life of contemporary science, and growth in the interest in evaluating the quality of output of research is an important element in the orchestration of that enterprise. Perhaps the most important novel element in the 1980s is the growing awareness that increasing competitiveness and evaluation are but two sides of the same coin.

A second factor, perhaps also promoted by the recession, but which on its own has served to promote growth in interest in the evaluation of research arises from the technological side.

Industry itself appears to be caught in a wave of technological innovations. Many economists have argued that the developed world is currently going through a major transformation of its industrial structure; that the thrust of this transformation is technological; and that it is manifested in the application of the new technologies of robotics, computers, telecommunications, etc., to the ways in which goods and services are produced and distributed. These new technologies are widely believed to be particularly open in their development to new ideas and methods arising from within science itself. But, which sciences, which disciplines, which experts are the most likely to provide new technologies with the fuel for their longer term development? Here, evaluations of economic potential of "exploitable areas of science" is necessary but whatever success is achieved in this area, the impetus to evaluation has less to do with the overall financial situation than with securing a niche in the next phase of industrial expansion.

The thrust of these observations is that the way in which a country will be able to deal with its problems of structural change will depend both upon the stage of development its scientific and technological institutions have reached as well as the political and industrial culture within which the economy is situated. An awareness of national individuality in this respect has guided this investigation of research evaluation. The study which was carried out in 1984 and 1985 included Canada, France, Japan, West Germany, the Netherlands, Sweden, the United Kingdom and the United States. While reports on these countries have provided a major input other sources, notably the OECD workshop on science and technology indicators in the higher education sector[1] have been especially beneficial as has information from other Member countries and the EEC. We have also made extensive use of the now considerable literature on evaluation particularly in that part of the report concerned with current thinking and practice with regard to methodological issues (see especially Chapter 3).

It is appropriate here to mention the limitations of this study in what is a very large subject area. Apart from the limited number of countries covered, it is important to stress that a comprehensive survey was not carried out of the full range of organisations and practices involved in the evaluation of R&D. What was sought was in particular evidence as to how evaluation was interacting with the university system (and this meant to a large extent the peer review system of *ex-ante* evaluation) and more generally a selection of evaluation activities in other government agencies which highlighted the culture and practice of evaluation in that country. The object of this report, then, is not to provide a handbook for evaluators in the sense of a prescriptive guide or a directory. Even if the data had been available, differences in administrative cultures would have made this an exercise of dubious value. Rather, the intention is to provide a perspective on the activity of evaluation and by discussing a selection of experiences of Member countries to discern the directions which are emerging in this activity.

3. Structure of the report

The results of our inquiries into the current state of the art in the evaluation of research are presented in eight main chapters. After a brief introduction, Chapter 2 is concerned with the scope and purpose of evaluations and how the choice of these affect the criteria for evaluations. A brief description of the main types of criteria currently employed is given. In Chapter 3, some of the principal methodologies and techniques being used currently in various types of evaluation are reviewed. Here, we have tried to organise the range of options available to evaluators in terms of the situations in which they have been used. The principal distinction

drawn is primarily between the various types of peer review and other approaches. The next four Chapters aim to summarise the experiences of Member countries as encountered during this study. In Chapter 4 we set out some brief descriptions of the experiences of several countries in the organisation of evaluation, and we also discuss some aspects of the legal framework and the costs of evaluation. Chapter 5 is devoted to an exploration of evaluation as it occurs currently in the context of scientific research in universities and similar institutions. In this Chapter we devote considerable attention to the establishment of priorities, to evaluation at the project level, and to the effect on *ex-post* evaluation of the organisational level at which the evaluation is carried out. Chapter 6 is devoted to evaluation of mission-oriented research carried out in a variety of contexts. Chapter 7 describes some experiences of evaluation of international programmes and Chapter 8 consists of some concluding remarks.

II. ELEMENTS IN THE ORGANISATION OF EVALUATION

Before moving to a discussion of the methods and techniques being used in evaluations of research and the experiences of Member countries in applying them, it is necessary to consider four elements that are present in every evaluation and which comprise the context in which the evaluation will be carried out. These elements are: scope, purpose, criteria and organisation. It is the experience of each Member country involved in evaluating research that each of these four elements must be clearly articulated beforehand if the evaluators as well as those being evaluated are to communicate effectively. This is important because, as we shall see, the techniques available for evaluating research all depend in one way or another on the participation of those involved in the research process. Clearly, the elements listed above are interrelated. For example, the scope and purpose of an evaluation will largely determine the criteria to be applied and the form of organisation best suited to carry out the evaluations. In an effective evaluation, the four elements will be mutually adjusted and the precondition of this is a clear statement of each.

A. SCOPE OF EVALUATION

1. Type of research

The scope of an evaluation comprises a number of different things, notably the types of research involved, the level of the evaluation and the time span on which the evaluation will focus. With regard to the first, the scope of evaluation must specify whether the research in question is basic, applied, strategic or product-oriented. The difficulty in classifying research is well known but for the purposes of the present study mission-oriented research is treated separately.

In the execution of an evaluative study, the criteria applied and the methods used differ with the type of research being examined. In some ways, this is unfortunate because not every evaluation will encompass one type of research only. More often, in fact, the various types of research will be blended in various projects, programmes, institutions and if these are subject to evaluation then it should be structured to take into account the different types of research involved. For example, the blending of different types of research occurs frequently in the evaluation of medical research where not only is there a recurrent tension between basic and applied (clinical) research but also between both types of research and the goals set for medical research institutions by the relevant government departments. In these cases, defining the scope of the evaluation is not straightforward and, although it is easy enough to divide the study into different parts which reflect the primary types of research being considered, the original problem returns when it comes to combining the elements into an overall assessment.

2. Object of evaluation

Perhaps the most important aspect in determining the scope of a particular evaluation lies in determining the object to be evaluated. Is it to be the individual researchers, or the research group? Is it to be project-centred or to comprise whole disciplines or fields of science or technological research; or on complex programmes spread across many institutions; or on the international aspect of collaborative research programmes? In fact, evaluations can, and do, take place on each of these levels though among the OECD Member countries a larger number of evaluations take place at the level of individual researchers or individual projects where the process is firmly institutionalised rather than at the highest levels where national scientific capabilities would come under scrutiny.

There is, however, a real problem in dealing with this aspect of the scope of an evaluation and it arises because the level in the research system at which it is desired to carry out the evaluation cannot always be easily isolated from the layers both above and below it. Unless every evaluation is to be fully comprehensive, methods need to be elaborated to define the unit of analysis which express clearly the boundaries of the evaluation. These boundaries, as we shall see, become very important when it becomes necessary to explain the purpose of a particular evaluation.

3. Time frame

A third aspect of the scope of evaluation concerns the time frame within which it is to be carried out. Three dimensions of this may be distinguished; the evaluations that are *ex-ante*, *ex-post* and *interim*.

Ex-ante evaluation is closely associated with the formulation and execution of policy for research. Nevertheless, according to the level to which it applies (government, institution, laboratory), the function and significance of evaluation will not be the same. This may explain the apparent paradox of the major importance of *ex-ante* evaluation for the establishment of research priorities, whereas for the universities this type of evaluation loses its significance since it follows a prior budget decision in any case. It may perhaps be regretted that *ex-ante* evaluation is not practised more in the universities at the same time as budgeting and programming.

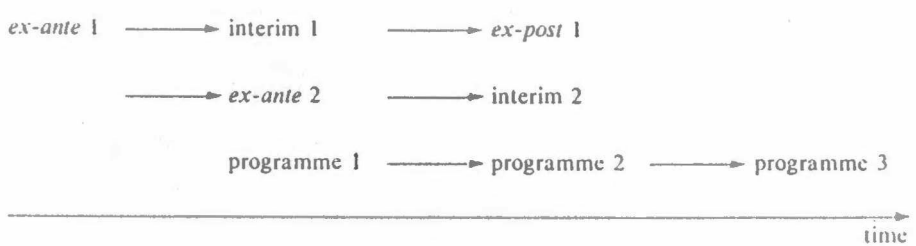
For many observers, *interim evaluation* is indistinguishable from current management or accounting operations. In fact, programmes are usually in stages followed by a progress report. The main interest of *interim* evaluation lies in the fact that it interacts with programming and can therefore be a management tool for the decision-makers. *Ex-post evaluation* comprises an assessment of the results obtained and an analysis of the way in which the resources and means allocated to a programme have been used as compared with the initial and any additional objectives. It queries the budgeting procedures used and is forward looking in this sense since its results are included in future programming. *Ex-post* evaluation cannot be the same at the different government, institution or laboratory levels. There is thus a whole series of types of *ex-post* evaluation. It should also be noted that the end of a scientific programme is not necessarily followed by an *ex-post* evaluation. When this does take place, it is usually requested by the institution itself with a view to the future, for example when considering a new direction for its activities.

It is thus more than an evaluation and may well take place long after completion of the programme. In fact, the greater the programme's socio-economic implications, the longer the interval is likely to be.

Ideally, in any research system there should be a feedback loop connecting a given *ex-post* evaluation with the next phase of *ex-ante* evaluations, but it seems to be the case empirically that *ex-ante* evaluations are regular and direct and systematic while *ex-post* evaluations are often *ad hoc*. *Interim* evaluations – evaluations that take place during the course of a project or programme – are numerically small and in most cases are indistinguishable from monitoring the progress of prior allocation decisions. As Figure 1 illustrates, if programmes run in close succession, the *ex-ante* evaluation of the second programme can only benefit from the results of the first part of the *interim* evaluation of the first. The *ex-post* evaluation of the first programme is only available to the *ex-ante* evaluation of the next programme but one. Because *ex-ante* and *ex-post* evaluation are carried out at opposite ends, so to speak, of the decision-making process they clearly fill different functions; functions which are related to the purpose of the evaluation. To discussion of this we now turn.

Figure 1

Chronology of evaluation



B. PURPOSE OF EVALUATION

As has already been indicated, evaluations take place at a variety of levels from that of the individual researcher to that of the most comprehensive assessment of national research capability. Further, it is necessary to recognise as a concomitant of the social organisation of research, that there is a hierarchy of objectives for any particular evaluation. For example procedures governing academic appointments constitute a simple evaluation process; typically, a committee tries to evaluate the past research performance and future potential of a candidate. But, on the level of the institution (i.e. the university) an evaluation could be concerned with the appointment committee's procedures and not with candidates; and an evaluation of committee procedures might call into question the operation of the national peer review system, which might in turn reflect upon the procedures by which scientists are nominated to learned societies, etc. In other words, the question of the purpose of a particular evaluation is easier to pose than it is to answer. Yet, in the experience gained carrying out this study, there would appear to be no more important factor determining the success of an evaluation than that its purpose (or purposes) be made clear at the outset. Evaluation studies relate to the research system in so many ways that it is so difficult to distinguish what is internal to the system being evaluated from what is external. The boundary dividing internal from external is a movable one and it moves not only with the level of organisation being considered as might be expected but also with the type of question being asked.

It is, thus, extremely important to be explicit about the purposes for undertaking an evaluation and this is perhaps best worked out in a dialogue between those who want the evaluation and those who are going to be evaluated. It makes a great deal of difference to the degree of collaboration from those being evaluated if the results of the study are to be used to select areas of research for future development, or to reorient existing allocations or simply as a means of cutting off existing resources. At the level of the individual or research team it is important to know whether the study is being carried out in the context of encouragement and support or whether the results will be used in subsequent decision-making. The former may generate a climate of collaboration, but uncertainty about the latter will most likely breed a suspicion that divides the community and may render the evaluation ineffective.

1. *Ex-ante* evaluation

The purpose of evaluation is also difficult to separate from scope particularly in relation to the level and timing of evaluation. *Ex-ante evaluation is closely associated with the formulation and execution of policy for research.* At the highest level it is concerned with the allocation of resources for scientific activity as a whole, though in many countries this may be a disaggregated process operating at the level below, where priorities are established. Here, the choice is between areas of science and historical precedent is usually strong; choice being made mainly at the margin in terms of areas in which to make initiatives and, more rarely, which areas to run down. Of course, decisions of this type have a political aspect and, while criteria such as potential return on investment or the scientific promise of the area are implicitly used, factors such as the effectiveness of a particular lobby or the need to compete with the performance of another country are often important considerations. Higher level evaluations also form a part of the planning process for science and may address such issues as manpower requirements or the need for major facilities. The third level is concerned with the allocation of resources to individual programmes and projects. When this is carried out by peer review methods it is performed by the scientific community itself, but as wider criteria are brought to bear, the decision-making process itself may be modified (see Chapter 3).

2. *Ex-post* evaluation

Ex-post evaluations may be carried out for several reasons. They may form an integral part of *ex-ante* allocation decisions in the sense that the past performance of the institution or research of concern forms an important input to subsequent decisions. Where *ex-post* evaluations are commissioned specifically, their purpose will depend on the user of the evaluations. Evaluation can be an instrument of accountability and hence be used by the body to which the project, programme or institution is accountable in order to ascertain whether it has fulfilled or is fulfilling its prescribed function. In this case the aim is often to determine the standing of the project or the body being evaluated in relation to the state of the art nationally or internationally. For programmes which are ongoing, the purpose of the evaluation is likely to be also to improve its effectiveness.

The initiative for evaluations does not always come from the organisation to which those carrying out the research are accountable; research managers may also commission it themselves. To some extent this is normal internal management practice but where an outside organisation is brought in to perform the evaluation there are broader requirements. In part, evaluation will be intended to legitimate the research to an external audience, be it scientific or political. Benefits through suggestions for improved performance are, of course, also sought.

Thus, at one end of the spectrum, a university department might operate a visiting external review process to reassure itself and its peers that its academic standards are being maintained, while at the macro-level a science funding agency may wish to demonstrate the worth of science to a very broad political audience.

C. CRITERIA FOR EVALUATION

Among the researchers and policy-makers in the Member countries there is widespread agreement that criteria for evaluation must be related to the scope and purpose of the evaluation: to the former because scope embraces the type of research to be evaluated as well as the organisational level at which the evaluation will be carried out; to the latter because purpose will indicate the use that is to be made of the results of the evaluation. Thus, there will be little argument that different criteria will be needed depending on whether, say, scientific quality or value for money is the main issue. Criteria should also reflect the requirements of the user, most frequently the organisation funding the research, as well as the level of aggregation at which the evaluation has to be executed.

As a starting point consider the spectrum of types of research ranging from basic research through applied to product-oriented developments. In terms of criteria, there is a similar parallel spectrum running from criteria for identifying quality in research to criteria for identifying value for money. In universities or other institutions where basic research is carried out, criteria for evaluation may be expected to elaborate various dimensions of scientific excellence, while in mission-oriented agencies or in industry, criteria related to economic and social goals will tend to be more in evidence. The former may be expected to reflect the various indicators of excellence articulated by the scientific community itself while the latter will reflect the economic rewards that accrue to those firms that successfully compete in the market place. Between these two extremes lie the vast majority of research activities which are neither entirely basic research nor entirely product development; which are neither entirely in the universities nor entirely in the market place; where neither the operation of the peer review system nor the market mechanism is the appropriate criterion for evaluation. In most OECD Member countries, there is a general trend towards developing criteria that are applicable to this vast middle ground and it is being approached from both ends of the spectrum. For example, we see attempts being made by universities and research councils in a number of countries to broaden the peer review system while industry itself is beginning to experiment with the idea of strategic research as a way of coping with the technical demands of the innovation process.

1. Criteria for project selection

Still, it is not always easy to translate these trends into specific, distinct criteria for evaluation. Probably the most frequently articulated criteria are those which govern project selection in research funding agencies. Each country has developed its own particular statement of these as essentially *ex-ante* assessments of scientific quality but in content they are remarkably similar. In these guidelines, the first criterion to be addressed is usually that of scientific merit. This may have several dimensions, including:

a) The competence of the researcher to perform the proposed work;
b) The significance of the proposed work for its speciality; which may include as sub-criteria such issues as timeliness and promise of the research, etc.; and
c) The effects of the work on other areas of science.

With regard to the first dimension, systems vary in the relative weight they place upon researchers compared with the proposed research. At one limit is the system in which the holding of an academic post is itself sufficient for a researcher to obtain funds while at the other limit is an assessment system where work is judged without the names of those submitted to it being revealed. At the core of the second dimension of scientific merit is peer judgement of the contribution that the research will make to its field. Under this assessment issues such as the originality of the work, the use its results will be to other researchers in the field and the scientific feasibility of the work are addressed. The third dimension, the effect of the work on other areas of science, what sometimes has been termed external criteria, looks at the broader scientific significance of the research. In this regard, the United States National Science Foundation has articulated a related criterion for selection: the effect of the work on the infrastructure of science and engineering.

The second set of criteria to be found explicitly or implicitly in most systems concerns the level of funds required. It is necessary for researchers to convince those sitting in judgement that the resources requested are commensurate with the specified research task. A more complex aspect of this is to determine whether public funds are necessary for the work to proceed. Clearly, this is a more frequently used criterion when funding for industry is involved because universities are less likely to have significant resources of their own for research. Known as the additionality (or incrementality) criterion, it is always problematic to apply because it deals with the hypothetical situation and one in which those applying for funds have a vested interest in giving a positive answer.

A third set of criteria consists of a group designed to ensure that the specific objectives of a particular programme are being met. Normally, these would concern the relation of the research to some social or economic goal but other more specific criteria such as a requirement to collaborate with other universities or industry or to link with other projects in a programme are also used. The criterion of industrial relevance is frequently a consideration here, but in this case it may be applied in a variety of ways ranging from a judgement by a panel to a mandatory requirement for matching funding. Even this seemingly objective criterion may be difficult to apply because in some circumstances placing a value on contributions made in *kind* is often difficult to assess quantitatively.

The idea that the potential utility of research should be established is clearly strongest in mission-oriented research but in recent years this criterion has become an important consideration for longer term research falling in the strategic category. The obvious difficulty in applying strategic criteria is the uncertainty involved, not only in terms of whether the research itself will succeed in technological terms but also whether the goal itself will turn out in the end to have market or other social relevance. Strategic research is clearly an area in which continuous evaluation is required.

2. Criteria for *ex-post* evaluation

The criteria for *ex-post* evaluation are, as one might expect, not fundamentally different from those in operation at the *ex-ante* stage. Typically, however, they are enacted at a higher level of aggregation because *ex-post* assessments of individual projects, unless built into the following selection stage or as part of a sample, is generally considered not to be very cost effective. As a consequence, the focus in *ex-post* evaluations is usually at the programme or institutional level. At these levels the criterion of scientific merit remains important but it is difficult to apply because the collective worth of a range of individual projects is difficult to aggregate.

The economic and social impact of a programme, as remarked above, may extend beyond the original objectives. The objectives of the sponsor may also have changed during the course of the programme and may now demand criteria for evaluation different from those used in the original selection. For example, economic relevance may have increased in its weighting if a commercial opportunity has appeared; on the other hand, if commercial interest has receded, even relatively applied programmes may find themselves being assessed against newly perceived basic science options. Also brought into consideration in *ex-post* evaluation is the criterion of efficiency. This criterion bears on whether the programme could have been undertaken earlier or with fewer resources or with less bureaucracy, etc.

When working out criteria for *ex-post* evaluation, an important element in making them operational is to consider whether they may be scaled and if so what level would constitute satisfactory or successful performance. This goal may not be obtainable and, in this case, the evaluator has little choice but to standardize criteria by comparing one project with another. Comparison is an important tool but as in all social situations a perfect control is seldom obtained and great care needs to be exercised. Another dimension of comparison is with alternative methods of obtaining the programme objectives. Again, this is a powerful heurism but carries all the assumptions inherent in any hypothetical situation. For this reason this type of comparative technique is perhaps more appropriately applied before, rather than after, the research is funded.

Criteria for evaluation are, then, a combination of the objectives of the research programme and the purpose of the evaluation itself. Criteria pose the principal questions which the evaluation seeks to answer. In the next chapter we address the ways in which this answer is sought and the ways in which trade-offs between different criteria are resolved.

D. ORGANISATION AND RESPONSIBILITY

In setting up an evaluation study it is wise to be clear about its scope, purpose and the criteria to be employed. But, in a sense, these elements constitute the intellectual or analytic side of the problem and though it is necessary that these be clarified this is far from being a sufficient condition for a successful evaluation. The social concomitant to the analytical task of getting the terms of reference straight is the organisation of the evaluation itself and, related to this, the delimitation of responsibility for carrying it out.

Perhaps the most important aspect of the whole exercise is the establishment of a framework of co-operation and collaboration between users of the evaluation and those being evaluated. As we have indicated previously, this phase of the study requires an attitude of openness on both sides and a willingness to explain why the evaluation is being carried out and how the results could be used. This is best done in dialogue rather than by *fiat* from above. It is the time to explain scope and purpose, to explore hidden agenda and to identify the evaluating team. This last is a frequently overlooked aspect of the evaluation of research. In evaluating scientific research the dialogue between the users and those being evaluated needs to identify the team of evaluators who are going to collect data, analyse it and report their findings. In evaluating narrow scientific specialities, for example, it might appear that the task is relatively straightforward: a group of experts drawn from the speciality itself and perhaps one or two from neighbouring areas of science. But as experience shows, this is a far from being a simple task, because even within a speciality it would be unusual to find a clear consensus as to where the future growth of the speciality lies.

The choice of evaluators is a crucial one. Some countries, particularly smaller ones, try to achieve a balance by leavening national representation on evaluation teams with a few foreign specialists. But, as the case of Sweden makes clear (see Chapter 4), this decision brings in its train the duty of explaining to foreign scientists the national context in which the particular research speciality exists. Even when a nationally-based team of evaluators is regarded as appropriate, considerable debate can take place in the dialogue between users and those to be evaluated before an acceptable choice emerges. For example, in some American universities the dialogue has taken the form of an internal list of suggestions for specialist departments being vetted by independent outside bodies before selection is made.

The choice of evaluators is a painstaking process but what is the point of carrying out an evaluation if at the end of it the impartiality of the evaluators is called into question? The problem of impartiality becomes more difficult to achieve as the research area to be evaluated becomes larger (i.e. involves more than one speciality) or becomes a different type (i.e. becomes more involved with social or economic goals). The broadening of the team of evaluators beyond the researchers to include industrialists, government officials and perhaps even members of the public creates a double problem. The first aspect of the problem concerns getting the right balance of expertise to consider a research programme or to evaluate the whole institute. Here, time and time again, it was revealed that evaluation teams, when they were composed of a broad range of specialists had considerable difficulty commenting effectively on the contributions made by the research to a set of social or economic goals. In most of the documentation that we have seen, it appears that far more attention was given to the results of the research than to whether or not the research was relevant to given programme objectives. This, we feel, is an intrinsic limitation of an evaluation team whose composition is decided primarily on the basis of relevant expertise. The second aspect of the programme lies in the education of non-specialist or lay members of research evaluation teams. It is a non-trivial problem for non-specialists to understand the information they are receiving and to use it effectively in the context of committee discussion and decision-making. Few countries, it seems, provide any training for lay members on evaluation teams. Broadening the representation often seems a good thing in its own right but as with the need to identify impartial specialists it is a necessary but not sufficient condition to achieve an effective evaluation of research.

There are two other elements which bear on the problem of organising an effective evaluation. The first concerns the procedures of evaluation. In the better evaluation studies one finds very clear guidelines given to the evaluating team which include the procedures to be followed from the beginning to the end of the study. Of course, they should be a matter of administration but in fact it often appears to be the case that the general purpose, scope and criteria for the evaluation are not translated into operational procedures that a group of evaluators could actually follow. If operational procedures are not worked out beforehand, then problems of comparability, interpretation, etc., arise at the synthetic stage and must reduce both the objectivity of the report and the weight which its recommendations will carry. The second problem is a structural one and concerns the question of the location of the evaluation in the relevant decision-making networks. The location will depend on whether the evaluation is a one-off study; whether it is an internal review, an external one or a mixture of the two; or whether it is part of a permanent ongoing evaluation. Whichever type of evaluation it may be, the evaluation team needs to be aware of the context in which its recommendations are likely to be used. Here we may consider the experience of French evaluation studies which reflect the difficulty of establishing a clear cut boundary between the internal and external environment. It is because this boundary may shift that the structure of evaluation needs to be clearly set up beforehand. Researchers will always fear that evaluations which are overtly

wholly internal to their performance may later on play a role in the evaluation of a programme or an institution or even a whole discipline of science.

The organisation of evaluation – its structural features, procedures, the choice of evaluators, its degree of institutionalisation as permanent or *ad hoc*, the degree to which it is entirely an internal matter, etc., have distinct implications for the costs of carrying out evaluations. Two things have emerged in this respect from the experience of the country surveys. Firstly, evaluations are expensive, time consuming and frequently put pressure on the administration of research organisations to provide data which, though it exists, is not always in a form suitable for handing to the evaluation teams. Some indication of the cost of evaluation is given in Chapter 4. Secondly, evaluations are frequently seen as drawing scarce research resources into non-research purposes. The former is largely unavoidable, assembling expert groups who demand otherwise unorganised information is expensive; the latter problem, would be much alleviated if evaluation was presented as an investment in the research process and if separate budget lines were established from the outset for all major research programmes.

III. METHODS AND TECHNIQUES

In the preceding Chapter we have outlined what might be called some of the *precursors* to the evaluation of research. Questions of scope, purpose, criteria and organisation are *precursors* because they must be settled prior to and not during the study. Once these elements have been sorted out the way is open to choose the appropriate methods and techniques to achieve the objectives of the evaluation. It is perhaps worth explaining why the choice of methods and techniques was not included among the *precursors*. The principal reason is to emphasize the point that method must be in the service of the larger aims and objectives of evaluation not the other way round. In so doing, we hope to stress the danger – which arises from the growing sophistication of quantitative methods of evaluation of research – to set the scope, purpose and criteria for evaluation in relation to the availability of data. This, in our view, would be a mistake but more importantly it is also a source of worry to many of those charged with carrying out evaluations in ministries, universities and research councils that we have visited in the course of the study. In the development of techniques, an underlying factor has been that the available or easily measurable information, whatever it is, does not necessarily correspond to the criteria for evaluation, and hence methodological attention has concentrated on mediating between the two.

A. METHODS AND TECHNIQUES

It is useful to distinguish between methods (or approaches) and techniques of evaluation. There is currently one predominant method being employed to evaluate research and that method aims at a consensus of expert judgements. Within this broad category, it is possible to distinguish several different varieties of this method where the key to the differentiation lies in the amount of extra information the experts need to be supplied with in order to stand a reasonable chance of reaching a sound judgement. For example, a great number of evaluations in science use the peer review method. This approach assumes that, by and large, those passing judgement are in possession of the relevant information they think they need or if there is a lack in this respect it is clear how to obtain it. Such peer review assumes that the mere fact of being a recognised participant in a research area equips one with the basic information to make the relevant judgements. This type of information, while necessary, is not always regarded as sufficient to reach an expert judgement. If this is the case, the information base of peer review must be extended in a number of ways, for example, by obtaining a bibliometric information about the scientists or groups under scrutiny. Here, one is admitting into peer review objective data gathered for other purposes – that is publications and journals – and someone, usually not the peers themselves, has to collect the information. Peer review may be broadened further by gathering new information that reaches into and goes

beyond the cognitive expertise of the peer review panels. For example, surveys of various kinds can establish whether users of research are satisfied with the results they have been given. Again, manpower and expertise is necessary to provide this information. Finally, information may be required which no-one in the peer review panel possesses. In other words the information may be the outcome of further research as when, for example, the experts need to know whether the benefits of research have exceeded (or are likely to exceed) costs. Here, other experts are asked to carry out a cost-benefit analysis and interpret its results.

In what follows, we examine the methods of evaluating research from the point of view of the amount and type of information which a peer review panel needs to carry out its job properly. Nonetheless, the fact remains that this method of evaluating research rests on the ability of the group of individuals to agree, to reach a judgement, about the outcome of a particular set of research activities. The method will break down if a collective agreement is not reached. Therefore, from the point of view of executing evaluation, one of the central problems is the management of the consensus forming activity. There is a growing amount of empirical evidence which shows a general tendency for consensus to break down when the organisational conditions for reaching it are not appropriate. In these cases, instead of communication and dialogue, review panels develop an adversarial mode of behaviour often structured along lines represented by the major cognitive interests on the panel. When this happens, the information so laboriously collected is turned away from its primary task of evaluation to discrediting the views or challenging the authority of fellow committee members. It follows from this that the drift into adversarial behaviour is likely to be more pronounced when a range of disciplines or a variety of goals must be accommodated in the final judgement. There is a distinct tendency, and the users of evaluation should be aware of this, for expert panels to reach consensus on what is non controversial and to leave the rest of the agenda to "higher" decision-making bodies. Such groups usually have even less detailed knowledge of the cases in question and so problems central to the evaluation of research become resolved by invoking one or other higher order objectives. From the point of view of the research group or the research institution, therefore, it often looks as if the decision has been taken on "political" grounds and when this happens the main elements of the evaluation – its scope, purpose and criteria – can be seen merely as a smoke screen to legitimate a prior decision. The problem unfortunately lies not with the elements but with the management of consensus in a situation where a range of viewpoints need to be accommodated.

From what has been said already, it will be clear that it is necessary to distinguish method from technique. Method will be used to describe various types of expert decision-making processes. Techniques will refer to different tools used to supply experts (i.e. evaluating teams) with information. In the context of the requirement for more precise information, each technique can be refined and part of this process is methodological. As with every other scientific technique, there is a more or less steady development of its *methodology*: that is the range of questions it can answer and those it cannot. Methodology, in this sense, does not question critically the decision-making processes which ultimately have to make use of the information collected and analysed by a given technique. It is important to note this because while we have uncovered a great deal of controversy over methodological aspects of certain techniques, there is at present little disagreement about the fundamental soundness of methods of evaluating research based on a consensus of experts.

In what follows, we present a brief critical review of the peer review method of evaluation together with a number of techniques which have been developed to supply further different types of information to the process of reaching consensus by experts. There is, in addition, a short commentary on what we have termed process evaluation and a final section is devoted to techniques for evaluating the economic and social impact of investments in research.

B. METHODS OF EVALUATION: PEER REVIEW

Peer review is the name given to the judgement of scientific merit by other scientists working in, or close to the field in question. Peer review is premised upon the assumption that a judgement about certain aspects of science, for example its quality, is an expert decision capable of being made only by those who are sufficiently knowledgeable about the cognitive development of the field, its research agenda and the practitioners within it. It is a social process which requires that a field be sufficiently large and cohesive for peers to possess this knowledge and that there has been sufficient time for the field to develop to the stage where a basis for agreement on what constitutes quality exists. In this section, three types of peer review, will be treated:

- *Direct peer review*: defined as review by a scientific peer or peers carried out specifically for the purpose of determining and confined to questions of scientific merit;
- *Modified direct peer review*: defined as the result of adjustments to direct peer review aimed at broadening the range of the criteria to be addressed;
- *Indirect peer review*: the use of historic peer review judgements made primarily for purposes other than the evaluation in question.

1. Direct peer review

This approach is present throughout the scientific enterprise. In terms of status, peer review is the most widespread and generally accepted method for reaching a judgement about the scientific quality of a proposal or group of proposals. At its simplest it involves seeking the views of an individual about the work of another. In form it may be no more than a letter of reference. The practice of refereeing is pervasive and controls the acceptance of papers by journals and conferences; it is also an important factor in appointment and promotion decisions. Many research project allocation systems rely on the views of one or more referees, even though the initial decision to consult referees may be taken by an official of even a committee. While referees are generally provided with guidelines or checklists to assist them in their appraisal, the success of the procedure is dependent upon the experience, ability and impartiality of those chosen. An important aspect of the process, then, is the choice of referees by editors, programme officials, etc. Care in selecting referees can, in most cases, eliminate the obvious forms of personal or institutional bias but there are cases where the nature of the field itself inhibits the proper operation of the peer review process. For example, when a proposal or group of proposals depart significantly from the prevailing orthodoxy, a choice of a referee may have a substantial effect on the decision made depending on whether the referee is broadly supportive of or intolerant of unorthodox views. On the other hand, empirical work on the factors affecting ratings for proposals carried out by the National Science Foundation found that while there was strong agreement on extreme cases, agreement was often less strong in the middle ground when referees were less sure of the innovative nature of claims being made by scientists seeking support (Cole *et al.*, 1981). A further limitation to the peer review process arises less from the degree of orthodoxy of the proposals than from the size of the field itself. In this regard, it has been argued that when a field is relatively small and facilities expensive, the impartiality of normal peer review is threatened because no member of the relevant discipline is unaffected by the decisions taken (Irvine and Martin, 1984). Finally, there is the view that peer review operates conservatively favouring the routine rather than the

creative, the old over the young and men over women. Again, empirical support for this view is hard to come by. For example, in a recent study carried out by the National Science Foundation of the "fairness" of its decisions to potentially disadvantaged groups found that there was no significant bias in respect to age or sex of the proposers (NSF, 1982 and 1983).

Committee or group type peer reviews are common both for resource allocation and *ex-post* appraisal. In the former case the committees are constituted on a disciplinary basis usually with a view to covering the major facets of the discipline and with some kind of institutional balance. Almost always, membership is changed over a fixed period. The advantage of this is that individual biases will be of limited duration and that greater understanding of the review process will be diffused into the community. The disadvantage is that there may be lack of continuity of policy within the committee.

Committee members may reach decisions individually, through a group consensus or in a phased combination of the two. In the first case, some form of grading system is usually adopted to facilitate voting. In the assessment of proposals, the information inputs to the committee are the proposal documents, any background knowledge the members may possess, and possibly some preparatory analysis by the secretariat. The focus of appraisal may be on the project or the end use of the research or in some cases a combination of both.

Committees are also involved in *ex-post* appraisal, but less frequently so. In many allocation systems it is assumed that the granting cycle is sufficiently long to ensure that when applicants return for further funding, their peers will be aware of the results of their previous work. For this reason, committees are most frequently used in an *ex-post* context when the review involves a whole programme or institution. In these cases committees or panels inspect reports and publications from projects, interview researchers or visit the institution concerned. An *ex-post* evaluation exercise may be at the level of a review of a university department or a research centre or may extend to the whole laboratory or institute. In these cases, members are no longer strictly peers because they are obliged to make judgements which lie outside their discipline. A similar situation may arise when a committee has responsibility for a multi-disciplinary area. Here, we meet an intrinsic limitation of the direct peer review method; a difficulty of making strictly scientific judgements across specialities.

Limitation of direct peer review

The ideal state for peer review is a situation where resources are not severely constrained but where the decisions are made by a disinterested, single discipline panel solely on the basis of scientific merit. In the real world of science policy-making such purity is rarely, if ever, attained and, as a result, many criticisms of peer review arise out of how it behaves when it departs from ideal circumstances. For example, disinterestedness may be affected when a field is small or when expensive facilities involve the whole community. The problem of the size of various scientific communities is of particular importance for small countries where there may only be a limited number of researchers in a given field. A solution frequently adopted here is to add foreign scientists to the panel. A disadvantage of this approach is the lack of familiarity that foreign scientists are likely to have with the research system of the country in question. A variation on this theme has been to seek the views of expatriate scientists if they exist and are contactable in sufficient numbers. Resource constraints create serious difficulties for peer review systems. Most operate with some kind of grading system and function normally when all highly rated proposals receive funding. If resources are constrained, however, to the point where a selection has to be made from among highly rated proposals then the system is put under considerable strain for both panelists and researchers.

This situation is exacerbated considerably if peers are asked to make judgements between fields, either on multi-disciplinary committees or on higher level committees which are asked to allocate resources between fields. At a time of expanding budgets, historical allocations with some minor modifications tended to prevail. Where budgets are fixed or even in decline peers tend to act as advocates for their own specialities and in this case the committee's behaviour moves from a consensual to an adversary mode. Visiting panels may also be affected even if they are in single disciplines as they may be reluctant to undermine the position of their own field in the institution being evaluated. Indeed, there is some evidence to indicate that when gradings awarded by subject-based committees are compared with those gradings awarded by other higher level committees there is a tendency to "grade inflation" as committees begin to compete on behalf of their respective scientific fields (see Chapter 5).

2. Modified peer review

For strategic and applied areas of science, as well as for those cases where a broad view of science is required, criteria other than scientific merit must come into effect; notably, those concerning the socio-economic impact of the research or its potential for utilisation (i.e. external criteria must be considered). Normally, scientific expertise alone is not sufficient to make judgements of this kind and the direct peer review system has been adapted in various ways to deal with it. One approach, and it is the most frequently used, has been to include the users of research on committees and panels. Typically, the direct peer review system is expanded to include industrial scientists or engineers, scientific civil servants, etc., with the aim in view that their presence in decision-making will lead in the end to projects or programmes being evaluated by a broader range of scientific criteria. When this approach is working well, it can provide higher order (even political) decision-makers with a view in which scientific possibilities are related to the social, economic and political costs of attaining them. Arriving at such a balanced judgement is undoubtedly difficult but it must be attained if research funding is not to be determined entirely by political and financial expediency. Such balanced judgements are more likely to be attained if evaluations are carefully conceived in terms of their structure and organisation.

Different ways have been explored for dealing with this situation. The main thrust of these approaches is to separate scientific from broader social or economic considerations. For example, a method used in the Netherlands separates the criteria into sequential phases taking expert opinions in the first phase, then taking counter-comments from the proposers themselves in a second phase and finally putting the combined comments to a "lay jury" who then attempt to rate the proposals. Peer review can also be used as an advisory mechanism in research programmes where programme managers are in fact responsible for applying the external criteria. A well developed variation on this is used by the National Institutes of Health in the USA. Here, a dual review system for grant applications has been put in place in which a scientific review group provides an initial scientific review and makes budget but not funding recommendations. This review is followed by a second level in which a national advisory board (sometimes called a council) attempts to assess the quality of the first level scientific review, to make recommendations on funding, and to evaluate the programme priorities and advise on policy. In each of these cases, the application of external criteria are to a greater or lesser extent separated from questions of scientific merit. This has the advantage that whatever projects are funded they will first of all have passed the test of being judged "good science". A disadvantage is that separating the scientific from the social economic decision makes it difficult to know how the "relevant" good science is identified. In brief

separated from the policy formulation stages and reduced to fulfilling an instrumental function only.

The direct peer review system can also be extended by interposing interviews and/or questionnaires as a technique that operates between a referees report and the anonymity of a committee. However, it has been argued that the social pressures acting on individual scientists when being interviewed inhibits a frank expression of views; this is particularly the case if the views expressed are adverse. For example, Martin and Irvine (1985) have developed a form of peer evaluation by conducting confidential interviews, using structured questionnaires, with third parties (i.e. scientists not involved directly in a peer panel). The technique which forms part of a larger evaluative programme based on converging partial indicators (see below) makes it possible to draw upon a larger sample of scientists than would ususally be represented on a peer review committee. This method, however, is relatively costly and requires skilled interviewers to be effective. It also relies on the interviewers providing an interpretation of the answers given in interviews which is not easy to check and which still has to be absorbed as a further item of information in the decision-making process. Many evaluators have suggested that this method of modifying traditional peer review procedures is, because of the way that the information is gathered, less reliable than straightforward open committee discussion in obtaining a balanced view when conflicting interests are involved.

3. Indirect peer review

In the previous section we have explored different modes of "opening up" the peer review process, the purpose of which was to gain better information about research performance. The first technique expanded the traditional panel or committee to the users of research, while the second made use of routine social science methods such as questionnaires and structured interviews to gather information about group or institutional performance in research. With this latter group of techniques, the evaluation of a specific discipline or field could be moved from the locus of a review committee to the relevant community of scientists as a whole; though it is an open question what use might be made of such information by others (that is, management, budgetary and legislative) structures. Indirect peer review takes this process of information gathering further in a quantitative direction. In this section we will examine some of the attempts that either have or are currently being made to gather quantitative information on research performance. These activities may be grouped into two general categories:

- Indicators based upon the reward system;
- Indicators based upon publications, sometimes known as *bibliometrics*.

Both approaches have long historical antecedents arising out of the propensity of scientists to measure their environment. However, it is only in the last two decades or so that a systematic attempt has emerged to apply quantitative indicators to evaluation. The most notable series of data relevant to evaluation has been the US National Science Board's series *Science Indicators* which began in 1972 and has consistently included bibliometric as well as other data. From a practical point of view an important work concerned with the application to bibliometrics to evaluation has been produced by Narin (1976) also for the US National Science Foundation. The following section seeks to review the main indicators which have emerged recently and to examine them selectively as tools for the evaluation of research. While the strengths and weaknesses of each are reviewed, the balance of coverage does not necessarily reflect the standing of those techniques. Some are covered because they are novel and emergent, some because they have been widely applied.

a) Indicators of the reward system

Distinction in scientific performance is recognised by the scientific community in many ways: through the award of prizes, membership of prestigious societies, of honorary degrees, and the like. These awards are part of the peer review system and provide a valid indicator of the approbation of one's peers but may also have a wider implication. For example, there is little doubt that receipt of Nobel prizes or a strong showing in other indicators creates a high standing for the institution in which the prize winners work. Counting such rewards is not difficult but two problems arise if they are to be applied as a measure of quality. First, the most prestigious awards are given for performance over an extended period and may relate to work long since completed. Second, the low level of incidence of many of these awards means that they are prone to statistical fluctuation even in the largest institutions. As Moravcsik (1985) has pointed out, awards of this kind are not strictly quantitative but rather represent a ranking of recipients. Certain other indicators do apply more widely and have been used in studies, for example, counting invitations to prestigious conferences. But it is sometimes argued that these sort of indicators are more a reflecting of the social organisation and "tribal customs" of different scientific sub-cultures than on the quality of the scientists *per se*. Evaluating and comparing these sort of indicators one with another is difficult without an extremely detailed and up to date knowledge of the sociology of the particular field.

Probably the indicator for which the best documented statistics exist is that of past funding decisions. This is commonly used as a measure of research performance particularly in university departments. In these cases, more weight is usually given to research funds that are based on the peer evaluation process rather than other sources as for example those which originate in an industrial or government contract. The principal objection to the more widespread use to this measure as an indicator of performance is that while it may be an output of the peer review process it is an input to research. The real evaluative question concerns the outcome of the use of the funds awarded.

b) Indicators based on publications: bibliometrics

Underpinning techniques which use publications in scientific journals as a source from which to derive evaluative information are three basic assumptions:

- That the output of scientific research is consistently represented by articles appearing in scientific journals;
- That the number of citations to these articles is a legitimate indicator of their impact or quality;
- That accurate data on these activities is available.

However, it is important to remember that scientists communicate the results in variety of ways only some of which may be recorded in the journals. Oral contributions, personal interactions, the "grey literature" of research reports, all provide channels for communications. Further, the more closely science is concerned with commercially or strategically significant areas, the more likely are its results to remain in a restricted domain and so not circulate freely through journal publications. Devotees of techniques based upon publication data counter that for the most basic science the only effect of mission-oriented work on publication patterns is to delay the publication and, therefore, only delay the possible impact of a piece of work. We cite these observations not to promote or deprecate indicators based on publication measures but to draw attention to the fact that the significance of publications in scientific journals is far from clear and that studies which use publication data must make assumptions as to that significance which may differ overtime as well as between fields. The

published literature in science has no intrinsic relation to quality rather it is of importance for evaluation because it is a source to which scientists habitually look when they want to know what is going on in a given field.

c) Publication counts

The most basic literature-based technique is the publication count, in which the number of publications by an individual, group or institution is aggregated. Publication counts constitute a key element in every evaluation and their use is widespread. While relatively easy to count, it is a much harder task to evaluate the significance of a given number of publications especially if the question of quality is involved. Most problems derive from the lack of criteria against which different types of publications can be ranked. These differences include multiple authorship, the possibility of publications being "spun out" to greater numbers in order to improve the author's tenure or promotion prospects, and the different standing of journals in which publications have been accepted. In certain circumstances it may not be possible to distinguish from the bibliometric information alone whether one is dealing say with articles, abstracts or reviews.

Publication is considered a necessary attribute for scientists (at the extreme it is sometimes referred to as the "publish or perish syndrome") and there seems to be a broad acceptance that more publications are better than fewer if only because they increase the chance of the work reaching other scientists and thus achieving an impact on the field. In some fields (for example defence research) there are limits put upon the number and type of publications. Thus publications as a measure become problematic where there are too many restrictions on the freedom to publish. This may for example be restricted by patent requirements. It has been suggested that the number of technical reports produced by industrial or defence scientists could provide a quality or impact measure but without the editorial control exercised upon publications the problem of comparability is exacerbated.

Despite these limitations, techniques based upon publication counts continue to develop both in the quality of data on which a subsequent analysis will be based and in the precision with which the group to be evaluated can be identified. For example, publication counts can be tied more firmly to the peer review element in publication by examining the numbers of accepted articles in the three top journals in a particular field. This technique has been used at the institutional, departmental and individual levels in some evaluation studies. At the institutional level, Narin (1985) has used this type of publication count to provide a profile of an institution. Here the measure used is called an "activity index" which is the proportion of an institution's papers in a given field divided by the proportion of all papers in the data base in the same field. Analytically, this has the effect of normalizing the publication count for the size of the institution and the size of the field. The latter may avoid some of the problems encountered when different fields exhibit different propensities to publish. If the publications used also acknowledge sources of research support, this method can be extended to provide information about funding agencies and thus make it possible to get an estimate on the impact of particular funding policies. A further development of this idea has been used by the same author in some work for the United States National Institutes of Health. This involves identifying the "research level" (Narin and Gee, 1980) of the research groups publications. The *Science Citation Index* classifies journals into four levels according to a scale ranging from basic research (level four) to clinical investigation of applied research (level one). This may be used to characterise the work of an institution by examining the proportion of publications in each category. This technique has to be used with care because it relies on adequate classifications of journals and does not work very well when journals cannot be unambiguously

associated with the particular level. To some extent this problem can be reduced if levels are defined by their relation to a specific "prototype journal", though clearly this will depend on the degree of cognitive development of each particular field.

d) Citation analysis

Given some of the limitations of publication counts, much of evaluative bibliometrics has been focused upon citation analysis. This technique rests upon the fact that scientists cite earlier publications because the work contained in them is, in some way, relevant to their own. Here, a critical assumption is that the number of citations reflect the influence of an article relative to others and, in this way, the quality of scientific research can be measured. A precondition for this technique to work is that data of sufficient scope and quality with which to calculate accurately the number of citations in a given instance be available. For all the evaluations we have encountered this data base has been supplied by the *Science Citation Index*.

Arguments for and against citation techniques concern the significance of the act of citation, the representativeness of the data and the degree to which the results agree with other measures. The limitations of citation analysis have been extensively reviewed, for example by Moed *et al.* (1983) and by Moravcsik (1985). The basis of criticisms about citation behaviour rests on the belief that not all citations are made for cognitive reasons. Excessive citations to oneself and one's friends, of papers or individuals favoured by an editor or others in positions of power, prestige citing and citations made to legitimate a paper represent some possible departures from the ideal that citations simply reflect contributions to the knowledge base of a particular paper. There are further limitations. For example, Moravcsik (1985) has argued that conceptual contributions soon become untraceable while new methods and tools continue to be cited and accumulate large citation scores. In addition, "negative" citations – papers cited because they are thought to be incorrect – provide another potential source of error when simple citation counting is used. Some of the limitations on the use of citation analysis can be avoided if it is known whether or not the citation behaviour is consistent. This is more likely to be the case within the field where publication occurs in the same journals and the citation practice, whatever it is, is accepted. Finally, any analysis must allow a sufficient length of time for paper to achieve an impact. Opinions differ but the average length of time for paper to have an impact, if it is going to have one, is usually between 3 and 5 years after publication.

Questions concerning the integrity of the data include problems such as the coverage of the data base. The *Science Citation Index* (SCI) includes approximately 3 000 journals, which is estimated as being under 10 per cent of the total number. However, 75 per cent of citations are accounted for by 1 000 journals so coverage of this indicator is high. A principal criterion for inclusion of a journal by SCI is the number of citations it receives. This varies according to field, being good for most natural and life sciences but weaker in such areas as psychology. A common criticism is that the journal coverage shows a bias towards English language publication and may discriminate against those publishing primarily in other languages. From the point of view of those using the index in evaluation studies, considerable care need to be taken because the index may contain errors. For example, the index lists first authors only and does not adequately distinguish between homonyms. These problems are generally considered to be surmountable through manual checking and "cleaning up" of the data base prior to an analysis is frequently necessary.

A variety of techniques has been devised to exploit the citation data base, both as a descriptive and an evaluative tool. The simplest one is "citation frequency", the number of times the paper has been cited. This can be aggregated for authors, institutions or countries.

For the reasons outlined above, if its results are to be at all meaningful, this method must involve careful comparison with similar groups to whom the same constraints apply. One method of calibrating citation frequencies of a unit is to compare them with the average citation counts to all publications in the journals in which the unit has published. This is called the "expected impact" indicator (Moed *et al.*, 1985). Trend analysis may also be applied though care must be taken to ensure that the data base, or the basic conditions within the field, remained the same during the period. In an attempt to provide comparability across fields or through time an indicator known as "top decile performance" has been developed. This indicator is defined as the fraction of a set of papers in a field and it is claimed that this statistic is of real relevance in the identification of "world class" science (Narin, 1985). Questions which have been raised concern the justification of the figure of 10 per cent, the effective different distributions between fields and whether the highly cited papers that do emerge are indeed the most important. Citation frequency analysis is inevitably a slow process since it takes time – one to three years – for citations to accumulate and the intricate task of processing citations adds a further year. A short cut method has been developed which, in certain circumstances, can drastically reduce the time (Pinski and Narin, 1976). This technique is the concept of journal influence and is based upon the assumption in that a citation from a more influential journal is worth more than one from an obscure journal and that a journal's influence is related to the number of citations the papers in it receive. Using a set of journal influence weights calculated in 1973, it is possible to assess lists of published papers according to the journals in which they appear. This is a relatively simple exercise producing up to date results. Its main disadvantages are that the technique assumes that all papers in a journal are of the same quality and thus it lacks the ability to discriminate between them. Furthermore, journal influence weights change over time (as do the titles available) and so relatively recent weightings are required for the best results.

An alternative approach to citation analysis has been developed in Canada (MacAuley, 1985). This technique is founded in information theory and calculates the conditional probability that given an author makes a reference to any given paper, he will, in the same article, make references to any other specific paper in the whole source of cited papers. It is claimed that this technique allows the identification of directional pathways which point out the most influential papers. The measure is formalized in a mathematical concept called "relevance" (*viz.* the relevance of any cited paper to all other cited papers). The technique is not affected by bias arising from prestige or self-citings. Problems with it lie, firstly, in whether the techniques are valid and secondly, in its lack of transparency. For example, relevance is a term which occurs frequently in the context of evaluation but the technical term is not identical with what it is conventionally understood to signify. As far as we are aware, this technique is not diffused widely either within Canada or elsewhere.

e) Techniques using relational indicators

While publication counts in citation frequency analysis are essentially concerned with productivity, a second group of measures use similar data in what Rothman (1985) has termed relational studies. Primarily qualitative, these seek to identify networks of scientists or publications which represent the relationship between researchers, institutions or specialities. They are considered to be techniques for evaluation because *ex-ante* they identify emerging areas of research which can, for example, assist in deciding upon priorities, while *ex-post* they allow the position of an institution or even a country to be established relative to the main thrust of the field. What all these methods have in common is the use of a cluster analysis algorithm to represent and interpret the results they yield. The principal advantage of these

approaches is that, unlike productivity studies, they do not rely upon externally imposed category walls between disciplines of fields. As these categorisations often form the units of analysis for other subsequent comparisons such as funding or output, this is of considerable significance for evaluations. The problem of *a priori* categorisations is they are often developed for institutional reasons and are not consistent within and, especially, between countries. Furthermore, the rapidly developing science means that some of the categories can become dated in a very short period. Relational techniques use the cluster approach to identify groupings which correspond to a research theme. With suitable measures of distance from the theme not only will the categories emerge but the relation to other categories will also become apparent. A simple relational approach is based upon citations between journals. The more citations between any two particular journals, the stronger are their links. Cluster analysis can be used to produce maps of fields to the extent that journals correspond to some fields. Multi-disciplinary journals present a problem here particularly where these are prestigious and highly cited.

f) Co-citation techniques

That there is some form of link between two papers which cite the same reference is undeniable but until recently it has not been possible to draw meaningful results from this primarily because there has been no way of gauging the strength of that link and hence distinguishing close relationships from casual ones. To avoid this problem an approach has been developed initially by Henry Small, which uses co-cited papers; that is to say, that if two papers are cited together in a paper by a third party they are deemed to have a link with the strength of one unit. Each time they are co-cited by other papers in the literature data base the strength of the cognitive link is increased by one unit. Highly co-cited papers are considered to be the "core" or "base" literature of a research theme or cluster. The current literature citing these core publications can then be assembled into clusters. Papers from the current literature may refer to (and thus be clustered with) more than one core. A series of refinements or additions can be made to tailor this approach to specific needs. A fairly simple version developed by White and Griffith (1981) used authors rather than papers as the basic unit of analysis. Since co-citation is computationally cumbersome and hence expensive, it is common to preselect a target literature data base, perhaps based upon journals known to be in the field of question and papers citing articles in them.

Institutions or nations can use the co-citation technique to identify the extent to which they are producing or citing core publications. One application which has been used to a restricted extent by some Member countries employs co-citation techniques when considering international collaborations as a means of identifying strengths and gaps in potential partners. With this technique a time series approach is possible which illustrates dynamic changes in research patterns.

A new approach using fractional citation counting has been put forward by Small and Sweeney (1985) which aims to avoid biases against fields with fewer publications and/or reference lists. The solution offered is to give each citing item a total voting strength of one but to divide it among all references it cites. This does not of course, avoid the problem that citations in reality may widely vary in weight. Typically, selection of the threshold at which to model clusters was at a level which happened to yield the best results. Various automatic techniques are being developed to optimise this process. Perhaps the most important criticism of a technique whose main application is probably in *ex-ante* evaluation of priorities is that it has an inherent time lag of at least three years and hence the research hot spots it identifies may have been superseded by the time the analysis is available.

Rothman (1985) has reviewed the main drawbacks of the co-citation methodology which may be summarised as follows:

- Lack of adequate coverage of technology;
- Expensive and laborious models;
- Sociological and cognitive objections to citation analysis;
- Differences in citation practices between fields;
- Arbitrary selection of thresholds.

Much current academic work is addressing these problems but it is likely to be some time before reliable analyses become routinely available. Before this happens the expense and laboriousness will have to be reduced by increased automation of the analysis using improved computer software.

The clusters which emerge in a co-citation analysis are best examined and interpreted by experts in the field, providing a link between this technique and peer review. In one application of the technique (van Heerigen, 1985) a criticism raised was that some clusters were so small that they were not discernible.

Other relational approaches

The group of techniques known as co-word analysis originating and developed largely in France, seeks to derive cognitive networks from the words used by scientists in identifying their work. It remains experimental but development is continuing in France and the UK. Specifically, co-word analysis uses the words professional indexes ascribe to articles when compiling the bibliographic data bases. Papers are linked with the degree of co-occurrence of their key words (Turner *et al.*, 1985). The starting point is to identify the frequencies of the key words most often used in the documents. A document in this method need not be a journal article but may also include a report or a patent, thus allowing the technique to be extended into technological areas. The output of the analysis is a co-occurrence matrix relating key words and from these a series of calculations examine the significance of the word associations. Criticisms of the approach have focused on whether indexes use the same terms as the authors whose papers they describe and whether taking only the most frequent terms would prevent emergent areas from being detected. In response, proponents of the technique are developing computer assisted indexing and an approach studying the changes in word lists over time to identify emerging areas.

A technique known as co-nomination which is under development in the UK uses questionnaires sent out to researchers as the data input for a clustering exercise. Researchers are asked to nominate a list of scientists whose work is most familiar or relevant to their own and to identify the nature of the relationship, that is whether theory or equipment or method constitutes the primary linkage. They are also asked to name their own collaborators so that links between research groups can be readily identified. The disadvantage of this technique are that it is too laborious to be used in very large scale exercises and that it could be manipulated by those questioned. Its advantages are that it allows the inclusion of industrial scientists who are less likely to appear in strictly literature-based surveys. This type of method is particularly useful when an assessment of the use and extent of collaborative links between research groups is important.

g) Comparisons of direct and indirect peer review methods

Claims for the bibliometric and other indirect methods have tended to rest upon the degree to which they yield results similar to direct peer rankings. The early research literature

on bibliometrics generally found high correlations between numbers of citations and rewards (scientific honours, etc.) on direct assessment by peers [Cole and Cole (1967) and Narin (1976, 1980, 1985)]. Few would disagree that there is a correlation; each manifests different aspects of the same system of judgements. There appeared to be more difficulties when the two are compared individual cases. For example, in the US Department of Energy, panel ratings assigned to a large sample of projects in the Basic Energy Sciences Program did not show a significant correlation. The errors and variations in the system seem to make citation unsuitable for the appraisal of individual scientists or projects without careful checking and interpretation by peers familiar with the context of the judgement. In consequence it is unlikely that bibliometric approaches will be adopted in project selection decisions except as an *additional* item of information for evaluators to consider. Their role, in methodological terms, appears to be in aggregated, *ex-post* reviews, particularly of basic science and there again as one element to be taken into account among others, as a tool for evaluators not an evaluation *per se*.

Converging partial indicators

Taking as a starting point the view that bibliometric and other indicators are partial and imperfect, each reflecting a slightly different facet of research performance, Martin and Irvine (1985) have developed an approach which seeks to combine them. Essentially, the methodology looks for a convergence between these partial indicators; when they all point in the same direction, they are also regarded as reliable. The basis of the methodology is comparative, examining carefully matched research groups, often in the big sciences with similar facilities pursuing similar research. Matching, here, is intended to compensate for variation and publication and citation rates.

In addition to publication and citation counts, this method uses direct evaluation based upon interviews with peers who are asked a range of questions aimed at ranking the institutions under comparison. This last measure is, of course, highly dependent upon the sample chosen and the nature of the interview conducted. The authors of the technique have noted that they "use verbal rather than written surveys in order to press an evaluator if a divergence between expressed opinions and actual views is suspected" (Martin and Irvine, 1985). Further criticism of the methodology is centred upon the dimensions of matching that have been employed. Matching requires congruence not only in terms of scientific field but also, especially with big science facilities, the stage in the equipment cycle and the context in which the institution is situated. More fundamentally, if the indicators are measuring different facets of the same process (i.e. peer review) then it may not be important whether or not they converge because, according to the methodology, if the indicators do not converge they are not reliable. Moreover, the time frame in which the observations are made may significantly affect the balance between the peers. Despite these criticisms, the applications of this method to radioastronomy and CERN have aroused considerable interests and debate, albeit that the exercises have been primarily academic.

C. THE METHOD OF PROCESS EVALUATION

Process evaluation adresses quite different issues from either *ex-ante* review, *ex-post* evaluation of output or evaluations concerned with economic outputs which will be discussed in the next section. It is concerned with the structures and mechanisms of research and it is most often applied at the programme or at the institutional level. At its simplest, process

evaluation comes close to formal monitoring of the sort that is used throughout industry and government. Process evaluation is primarily concerned with managerial performance; in the way in which programmes are executed. It seeks to derive operational indicators such as the speed of processing proposals or the pattern of budget allocations and to judge the efficiency of these processes.

Where process evaluations are at their most useful is in the context where the research has a complex or innovative structure or where several interfaces are involved such as those that might exist between universities or government laboratories and industry. The interest in this technique is because it is felt that these aspects of R&D are potentially transferable between programmes.

The process evaluation, then, sets out to examine the effectiveness of these structures. The issues may include the functioning of advisory or peer review mechanisms or the state of linkages between the research groups. Typically an evaluation of this type would draw upon interviews, documentation and formal surveys and unlike output measures, the question of effective working of processes can often be addressed while the programme is still running. An example described in Chapter 6 is the evaluation of the UK's Alvey Programme.

A method, sometimes called the audit method or the method of unstructured interviews has recently attracted attention[2]. This method consists of the collection of information through field interviews with various interested parties. Let's take for example:

> "an audit of a research institution or technical centre: a group of investigators (in general up to 10) will be commissioned to perform this task. The group will be headed by a chairman designated by the supervisory ministry, the terms of reference being indicated in a letter drafted in very general terms. This group will organise interviews with a certain number of persons depending on the size of the organisation being examined. The persons interviewed belong mostly to the organisation but also to its clients and suppliers (interface) and to the supervising administrations. This work requires time, in general many months, and is concluded by the drafting of a report of the group which is submitted to the supervisory ministry as well as to the managers of the organisation which was audited[2]."

This method is seen to have the obvious merit of flexibility in that new questions can be raised and problems tackled as the audit proceeds.

> "However, this type of flexibility means that the outcome of the audit will be extremely sensitive to the composition of the auditing group and to the personality of the group's chairman. The audit method is used unevenly among OECD Member countries except perhaps in France where the method was used extensively by the Cour des Comptes for examining management of public funds and by various ministries for examining public research centres. Indeed, from the information collected from Member countries, the audit seems to be most often used to evaluate the performance of research organisations or technical centres[2]."

By contrast with the type of audit described in the previous paragraph in which a group descends upon an organisation, gathers information and writes a report is the example of the evaluation which is being conducted experimentally within the United Kingdom's Alvey Programme. In the Alvey Programme for advanced information technology research, the evaluation (or audit) is being carried out in real time; that is, the evaluators report as the programme proceeds and at the same time accumulate data for an *ex-post* exercise, thus meeting the common problem of distortion caused by hindsight.

It should be noted that a real time evaluation is not the same as monitoring a programme. Monitoring is a process whereby programme managements or sponsors can obtain

information as to its progress the emphasis being descriptive rather than analytical (Gibbons, 1984). While the process approach is more general and does not constitute a given set of techniques, it addresses issues which are often critical to the success of the programme under study; for example, there are unlikely to be industrial benefits from a university programme if the linkages are not functioning effectively. Process evaluations can be part of *ex-post* peer review exercises but generally they are too time consuming to be undertaken in the short period normally available to members of such committees and they require at least the support of a team of full-time evaluators. High level science policy reviews often address process-type questions as part of their remit. In so far as there is a relationship between the structure and management of programmes or institutions and their output, process evaluation provides a useful additional approach.

D. EVALUATION OF ECONOMIC AND SOCIAL IMPACT

A significant proportion of research is directly justified in terms of the benefits which are expected to accrue to society as a result of it. The time-scale within which the benefits are expected to flow and the degree to which a direct link is intended *a priori* varies according to the position of the research on the spectrum from basic through strategic to applied research. Nonetheless, economic justification is necessary and even occurs in arguments in support of basic research. In these cases it is essential to distinguish between science as a consumption activity and science as an investment activity (see Metcalfe, 1985). The principal problems in evaluating research from the point of view of investment are threefold: first, research by its nature is uncertain and by no means all of it will (or should) lead to measurable benefits (this is particularly a problem for those engaged in *ex-ante* evaluation); second, even if the benefits are clear the time-scale is often very long, implying that if the evaluation is delayed until some tangible effect is discernible the results will come too late to have significant impact on policy; and third, that for economic benefits to arise there needs to be successful innnovation; and the processes by which knowledge generated by research is transferred to new products in process is complex. As a consequence input-output models which do not attempt to enter the black box but simply try to correlate investment levels in science with other macro-economic outputs are unlikely to produce convincing results.

Not surprisingly, then, many impact evaluations stop short of a full economic appraisal. The approach most commonly adopted then is the user-evaluation, that is the identification of the users of research results say industry or social agencies and the seeking of their views as to its usefulness. Interviews, postal and telephone surveys, etc., are used in more systematic studies, while high level enquiries tend to take evidence from parties which have or declare an interest (see the discussion of audits in the previous section). The Fraunhofer Institute in the Federal Republic of Germany, in evaluating government funding and promotion of R&D and innovation in small and medium-sized firms, has used this approach but expressed the results quantitatively in an indicator referred to as the "innovation intensity" (defined as the sales contribution made by new products) of a firm (Meyer-Krahmer, 1982).[8] Some other approaches are outlined below.

1. Techniques to assess the impact of research

Case studies still represent one of the most useful techniques for examining the relationship between research and its economic or social impact. When these are carried out in sufficient numbers and in sufficient detail they represent probably the best chance of fully

identifying the relationships involved. The problem from the point of view of evaluation of research is how to generalise from the sample selected. By themselves, case studies are expensive to carry out and are time consuming and require very careful methodological preparation if they are to be effective in evaluating the impact of research.

A variant on the case study approach developed originally in the United States in the 1960s and exemplified in the Hindsight and TRACES projects are being invoked again by the Office of Naval Research in the USA and by the Science and Engineering Research Council in the UK. The object of these techniques is to trace out historically the development from research to application or vice versa and to try and identify the major events which link the former with the latter. For example, the role of sponsored research that contributed to the Trident submarine has been identified. These techniques suffer from the difficulties of using a simple linear model as the heuristic assumption in selecting and structuring the data. The original method was heavily criticised (Kreilkamp, 1971), because it led to a reconstruction of a sequence of events between which a causal connection was falsely presumed to exist; because the events identified were incorrectly given equal weight; and because historical dead ends were ignored; and because the results were sensitive to the selected time frame. Nonetheless, these types of approaches highlight the complexity of the problem faced by evaluators who seek an economic justification for basic and strategic research and, therefore, direct attention critically to the assumptions on which economic and other quantitative models are based.

Going a stage further there are techniques associated with cost-benefit analysis and its variants, developed primarily for investment appraisal. Also in this category are econometric techniques based upon a production function approach. In theory these techniques are appropriate but it is hard to get the necessary data and to identify in a sufficiently robust way the externalities arising from research; that is to say the benefits not captured in the price. Furthermore, the same piece of research may yield in addition benefits which are not quantifiable on the same basis, for example the educational benefits, greater industrial awareness, etc. Together with techniques such as Delphi exercises, relevance trees and decision analysis these methods find their widest application in rather broad brush *ex-ante* reviews and priorities. A possible exception is agricultural research where research on some varieties is extremely specific and where benefits can be captured by a single indicator, say improved yield, with a reasonable accuracy assuming there are no price effects as a result. As far as we have been able to discern cost-benefit type analyses are not used very much in evaluating research – at least as far as the Member countries are concerned.

2. Technology indicators

Occupying a role similar to that of publication count analysis in basic science is the use of patent statistics as indicators of technological performance; that is to say an extensive data base is available but there are dangers in regarding them as the sole output of research. Freeman (1982) has reviewed some of the difficulties. Firstly, patents do not arise uniquely from industrial R&D nor is it a measure of failure if these latter do not lead to patentable results. Publications can and do arise from applied research. Furthermore, patents are a measure of intermediate output – they do not necessarily result from previously patented knowledge. Perhaps the most important caveat about the use of patents as a performance indicator is that firms have variable propensities to patent and these may change over time. Secrecy is often chosen as the best method of protecting intellectual property rights which after all is the end purpose of a patent. Together with criticisms – identified by the OECD 1980 Science and Technology Indicators Conference – that patent data differ qualitatively,

these constitute the main arguments against the use of patents as an evaluative tool. Whether it is due to the perceived limitations of the patent record or not, the use of patents has tended to remain at a higher aggregated level; for example, in comparisons of national performance or at the industry level (Pavitt, 1982). One study which did not attempt to use patents for an evaluation of research was carried out by the US National Science Foundation in 1982. This study aimed to determine the extent to which the National Science Foundation's Chemistry Program led to patented technology to estimate the economic value of those patents and to develop a systematic method of evaluating patents associated with other NSF research support grants. The study found that, between 1964 and 1967, one per cent of grantees produced patents related to the grants (based upon acknowledgements to NSF support or subjective judgements) and that aggregate long-term sales of products derived from those patents was of the magnitude of $20-30 million. The economic value of patents was estimated by dispatching a questionnaire to holders ascertaining facts as to whether it was licensed and so forth.

The issue of variation in the quality of patents has been addressed by looking at citations to patents, and data bases now exist to allow this in some countries. Citations of patents to scientific literature provide another source. Freeman (1982) in reviewing this work concluded that much remains to be done in the study of referencing behaviour patterns in various countries before patent citations can be used with as much confidence as literature citations.

To avoid reliance on patents as indicators of technical change, methods are being developed for direct measurements of technical change using a characteristics approach (Saviotti and Metcalfe, 1982). This has potential for evaluation and is the subject of a study for the UK Department of Trade and Industry as a method for identifying technological priorities. Its application to specific R&D programmes is limited by the fact that characteristics are determined by an interaction between the technology and the market and not by research and development alone.

Overall, the status of technology indicators appears to be that they are gaining ground as policy tools but before they can be effectively used in the broad range of R&D evaluations a better understanding of the means by which knowledge enters the economy is necessary. The role of new technologies of communication may be of crucial importance in this area, in establishing and maintaining networks in science and providing advanced software to help decision-making.

IV. ADMINISTRATION OF EVALUATION

As Chapter 2 stressed, the organisation of an evaluation is one of the key elements which define the evaluation and its outcome. In this Chapter, some of the themes discussed there will be addressed in the light of the experience of Member countries. In the first Section, the degree of centralisation of evaluation within government is discussed; in Section B the choice of evaluators is considered; and in Section C an important organisational issue, the cost of evaluation, is addressed.

A. CENTRALISATION

1. Frameworks for evaluation

The ways in which evaluation is approached in the Member countries reflects the political and administrative culture of those concerned. Thus, in the USA, characterised by a pluralistic decentralised research support system, there are no standard procedures which agencies must follow (other than, as in all the countries studied, the basic procedures necessary to satisfy accountability requirements for public funds). However the process by which budgets are appropriated by Congress has led to an interest there in evaluation of research and calls for more independent quantitative measures of the output from research.

France, however, which has a long tradition of planning, has only recently institutionalised procedures for the evaluation of major national programmes launched at ministerial level: technological development programmes, programmes for the implementation of the Guideline and Programming Act (1982).

Programme planning and evaluation in fact takes place at two different institutional levels: that of the research organisations (CNRS, INSERM, etc.) which, by virtue of their status and from their inception, were equipped with scientific evaluation bodies, and that of the major programmes involving a number of ministries and various social and economic partners (universities, firms, government agencies).

In particular, the Law Relating to Research and Technological Development of 23rd December 1985 (No. 85.1376) stresses the importance of the evaluation of programmes launched at ministerial level in achieving economic and social objectives through the contribution of science and technology. Evaluation is considered to be particularly important for measuring programme spin-off in scientific and social and economic terms. The Law indicates that an evaluation would first be carried out two years after the start of the programme and then every three years. Apart from making it clear that this approach should supplement the present system of assessing personnel, the Law does not seek to lay out particular methodological approaches, stressing instead that evaluation needs to be adapted to

the specific nature of each programme. It should not be limited to scientific aspects, but should extend to the strategic and operational issues with use of appropriate objective indicators and attention paid to technology transfers effected by the research organisations.

Also, it is provided that the minister responsible for Research and Technological Development should submit to Parliament an annual report covering the main aspects of research activity.

Further evidence of the central commitment to evaluation is shown by the Ministry of National Education which has established a National Evaluation Committee consisting of fifteen members appointed for four years (nine scientists and four with economics and research qualifications) to prepare an annual report on the workings of universities. Working through expert *ad hoc* commissions, including external experts, the Committee carries out audits. The actions of these two ministries indicate that a framework for evaluation has been put in place in France in recognition of earlier deficiencies in this area.

The "building in" of a requirement for evaluation has also been effected in the research activities of the European Communities. Under Council resolution of 28th June 1983 on a Community plan of action relating to the evaluation of Community research and development programmes, earlier experimental approaches were extended to a broad range of Community R&D. Evaluations take place approximately midway through each four or five year programme taking into account the results of the previous programme and the partial results of the current programme. More details are given in Chapter 7. A requirement to submit the reports to various Community bodies is accompanied by an injunction to disseminate reports to other interested organisations, particularly potential users of research results in the industrial or other sectors. In the current proposed Framework Programme of Technological Research and Development 1987-1991, the Commission intends to strengthen both its internal continuous monitoring activities and the evaluations performed by external independent peers. Furthermore this programme foresees research on evaluation methodology and the creation of a European network in the field of R&D evaluation. The importance of socio-economic impact assessments has been repeatedly stressed by several Member States.

Perhaps the most extensively defined and widely applied central framework for evaluation is that operating in Canada. As part of a general trend towards increased accountability in government, the Treasury Board issued a Policy on "Evaluation of Programs by Departments and Agencies" in 1977. At that time there was little formal programme evaluation. The Office of the Comptroller General (OCG) was created to improve management practices and controls, including the establishment of a programme evaluation function in each government department and agency. The Office comments on the quality of evaluations and has issued a set of principles and a guide. These documents provide a reference point against which evaluations in each department may be designed and assessed, given variations demanded by the particular situation. The general approach to evaluation is applied to the specific instance of the evaluation of research and experimental development programmes.

The basic style formulated by OCG is present in all *ex-post* evaluations carried out in government. *Ex-ante* evaluation is much more the province of the individual department or agency, reflecting the different needs imposed by their functions. Thus in the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC), responsible for funding scientific research in universities, a well developed peer review system is in operation while in the mission-oriented agencies selection of priorities and projects is far more a management function. *Ex-post* evaluation has been built into the administrative structure of departments, with a requirement that the deputy head of each department or agency is responsible for

establishing the evaluation function and acting as client for the evaluation. Internalising the process in this way, is intended to maximise its effect as an aid to decision-making and management, essentially as an information input. Explicitly eschewed is the notion of evaluation as an independent experimental research exercise designed to identify and measure the results of the government interventions in society. Objectivity remains a priority and is the reason that responsible for programme evaluation is distinguished from internal audit which addresses the efficiency of internal management practices while evaluation is concerned with programme structure and results.

OCG does not try to impose the specific issues to be addressed upon the departments as it believes these should be structured to relate to the decision-making in those departments. However, it has identified four generic issues which should be addressed by all evaluations. These are:

- Programme rationale (does the programme make sense?);
- Impacts and effects (what has happened as a result of the programme?);
- Objectives achievement (has the programme achieved what was expected?);
- Alternatives (are there better ways of achieving the results?).

A further co-ordination mechanism in Canada is provided by the Ministry of State for Science and Technology which presents an annual Framework Paper to Cabinet.

B. CHOICE OF EVALUATORS

1. Peer review

Chapter 3 described some ways in which the peer review system can be modified by the choice of who is involved. But how is that choice made? In most countries it falls either to existing committees to co-opt new members, or else to the Secretariat responsible for administering the programme. The choice of referees for proposals is a powerful instrument which relies on the confidence of the scientific community to ensure its proper use. Where the organisation is commissioning an evaluation of its own activities it is particularly important that the evaluators are seen to be objective and hence that the process by which they are selected is too. One way in which this objectivity may be obtained is through the use of foreign scientists. The evaluation process operated by the Swedish National Research Council (see Chapter 5) always includes foreign experts in evaluation teams and attaches considerable weight to their judgements. The tension is between objectivity and finding experts with sufficient knowledge of the country to perform a useful evaluation. This has been the experience of the German Research Association (DFG), an autonomous body that promotes and supports science, particularly basic research. Reviewers in the main programme are nominated by their scientific and learned societies and elected by secret ballot for a four-year term of office by all their colleagues active in university or other non-profit research institutions who have held a doctorate for more than three years. From the 450 reviewers elected in this way are drawn most of the members of the *ad hoc* committees which evaluate the special collaborative programmes (see Chapter 5). However, while there is a deliberate attempt to get international evaluators to participate in the group, in recent years only 3-5 per cent have been from abroad. This has been partly explained by the fact that the language used both in the publications and during the site visits is, naturally, German.

2. Professional evaluators

A trend in recent years has been the emergence of professional evaluators, that is, people whose prime function is to carry out evaluation, unlike the "part-timers" of the peer review system. Two main groups may be identified:

- Evaluators within the organisation; and
- Independent evaluators (including those working under contract).

Professional evaluators are rarely an alternative to peer review, indeed organisations which function primarily by peer review also have evaluation offices. For example, in the USA both the National Science Foundation and the National Institutes of Health have staff carrying out evaluation activities on a permanent basis. The functions of professional evaluators differ from peer review in several respects: first, the prime concern is with *ex-post* evaluation; second, the level of aggregation is higher; and third, the issues addressed are often different. Quality is addressed, through surveys, panels or commissioned bibliometric analysis, all of which require logistic support. Other functions include servicing the peer review system, checking it for fairness and analysing trends in judgements. It also often falls to professional evaluators to address the social or economic impact of programmes. The advantages of having evaluators within an organisation are that they will be able to build up considerable expertise and "inside knowledge". Also there is scope for the evaluation to be carried out on a routine basis and for the results to be an integral part of the decision-making process. The interface between the evaluators and other parts of the organisation is one which needs careful handling to maintain confidence in the evaluation and secure co-operation on the one hand, and to protect the integrity and security of the evaluators on the other. One example of an interface arrangement is found in the UK Department of Trade and Industry. There, co-ordination is carried out through the Evaluation Working Group (EWG) which was established to provide a coherent basis for programme evaluation work taking account of all department programmes. It is also responsible for ensuring divisions prepare proper plans for monitoring and evaluation, and for dissemination of findings. A checklist for evaluations is supplied. The EWG synthesises important findings, helping to redraft summaries to relate to policy issues of concern as evaluators themselves may be unaware of these. The evaluation programme is prepared on a rolling year-by-year basis and submitted to a Management Group for endorsement. The endorsement of the high level group is considered to be an important aid in obtaining the necessary co-operation for the evaluations.

Independent evaluators also require some mechanism by which results may be communicated and considered as an input to decision-making. Independent evaluations may take several forms. At one end of the scale there are purely academic exercises which, though they are not connected formally to the policy-making system, may still arouse interest and affect decisions. Academics are often involved in methodological development. A second group, consisting mainly of commercial companies, is almost exclusively concerned with quantitative techniques and relies on its mastery of key bibliometric and patent data bases. In keeping with their commercial function, these companies generally work under contract to science administrations. They are also active in the development of these techniques. Finally, there are independent evaluators, typically academics in the field of science policy or consultants, who are commissioned to carry out full-scale evaluations, normally on an *ad hoc* basis and in situations where there is no internal capability or where demonstrated independence is required. These evaluators carry both the advantages and disadvantages of independence. In favour is the chance to draw upon a varied experience and unbiased view of the organisation and against are possible lack of sufficient knowledge about the programme or organisation and a potential confidentiality risk or temptation to self-promotion. Professional

ethics for evaluators are important and many problems can be avoided by appropriate interaction and cross-checking with those being evaluated.

C. COST OF EVALUATION

In the search for improved performance and information it would be easy to develop a requirement for an ever increasing amount of evaluation. This is, of course, limited by the cost of evaluation. Cost may be incurred in at least three separate ways:

- Direct costs of evaluation staff, travel and overheads;
- Opportunity cost of the time of those involved in peer review; and
- Cost to the organisation or other object of evaluation in terms of time and disruption.

Direct costs vary but a figure often quoted is one per cent of the programme budget. This figure is formally mandated for the US National Institutes of Health, but in practice has not been reached. Probably the most expensive evaluations are those carried out by commercial contractors. One example was an evaluation carried out for the US National Science Foundation of its Materials Research Laboratory Program. Indeed it was a thorough exercise, but the cost was $5-600 000. To operate its peer review and other evaluation activities, the Commission of the European Communities in its guidelines has requested 10-12 million ECUs for the period 1987-91 out of a total budget of 10 billion ECUs. This figure must take into account a necessarily large travel component. The US Department of Energy estimated that each *ex-post* project evaluation carried out by hearings (see Chapter 5) cost $7 000.

Peer review is not cost free. Firstly there are substantial travel and administrative costs and in some types fees may be paid. However, in the typical project allocation process peers are not paid by the funding body. As individuals they are often motivated by the prestige and influence participation brings them, as well as duty to their field. However, it is their parent institution which is paying their salary and time spent on committees could be seen as time forgone from research. The costing is not as simple though, because peer reviews may often benefit from participation, through meeting other participants and through keeping up with the latest developments in their fields.

Finally, the cost to those being evaluated should be considered. Preparing for an evaluation, *ex-ante* or *ex-post* may well involve a considerable time commitment. On the other hand, in the *ex-ante* phase, the need to formulate a project in a structured manner may well have a beneficial effect upon the subsequent research, while an *ex-post* evaluation may aid dissemination or contribute to future research. Other costs which, though more intangible, may occur are disruptive effects, creation of a feeling of anxiety or uncertainty among staff and creation of a defensive atmosphere. These are really the costs of badly conceived and executed evaluations, not of evaluations *per se*. Again, benefits too may be identified from the process as well as the result of the evaluation, including the experience of discussing their problems and formulating their views. Evaluations can provide an extra channel of communication within an organisation.

If it is possible to generalise about the cost of evaluations, given the range of approaches and contexts, it is that the cost should be proportionate to the scale and importance of the programme. Scale reflects the logistical and statistical demands to be made upon the evaluators and importance reflects the value of the anticipated results of the programme. The two may often be correlated but not always. Programmes of an innovative scientific or technical nature or structure are likely to require an increased level of evaluation compared with routine activities.

V. EVALUATION OF SCIENTIFIC RESEARCH IN UNIVERSITIES

A. INTRODUCTION

In this Chapter, evaluation of research carried out in universities and institutions carrying out research of a similar nature will be addressed, with the exception of certain technological and mission-oriented programmes which may support research in universities (see Chapter 6). Inevitably, an evaluation of university research will feature heavily those organisations which are responsible for financing and implementing policy for university research (research councils), generally through the operation of the peer review system. Also included are procedures instigated by the universities themselves in order to allocate resources and maintain academic standards. It is important to note that much of academic life, including the award of professorial chairs or tenure, is governed by a process of evaluation but these aspects are not covered here.

Section B deals with *ex-ante* evaluation at a high level of aggregation, that of fields and areas of science; Section C examines how, at various levels, resources are allocated to individuals, projects, programmes and institutions; Section D with internal or self-initiated evaluations of university research; and Section E with *ex-post* evaluation of projects and programmes; and Section F considers some of the issues raised.

B. ESTABLISHMENT OF PRIORITIES

A problem which has achieved increasing prominence in Member countries is how to establish priorities between fields of science at a time when the demand for resources exceeds the ability of the nation to supply them. At a national level the budget for science is decided politically while the detailed decisions about projects, decisions which require scientific expertise, are left to the scientific community generally through the operation of the peer review system. It is the process of mediation between the directions and opportunities arising from the conduct of scientific research and the wider economic and social demands upon science which involves an interaction between the political bodies and those responsible for the administration and conduct of science. Often it is new initiatives in areas such as information science or biotechnology which come under scrutiny at this level. The total resource available to science is in part dependent upon its ability to command support for these initiatives. As a general rule, in Member countries, the higher the level of aggregation the more likely it is that the decision will be taken at a political level.

Historical precedents are usually important in determining the allocation between fields but where there is pressure for change in the context of low or zero growth, new activities must replace existing ones and a process of evaluation is required. In the United Kingdom, the

Advisory Board for Research Councils (ABRC), which is responsible for allocating the science budget between five research councils, has attempted to address this problem by introducing a concept it terms the flexibility margin. Research Councils are being obliged to produce corporate plans which include identifiable programmes constituting a defined percentage of the budget in this margin. ABRC will directly compare these programmes and shift resources between councils as a result. While this confronts choice between fields, other than by encouraging best case presentations it offers no solution to the problem.

At a lower level of aggregation, the problem of comparability within broad fields was addressed by the Science Policy Division of the Ministry of Education and Science in the Netherlands by establishing a limited number of *ad hoc* state of the art studies at the level of a discipline (e.g. physics). Committees consisting mainly of academics were expected by the Minister to bring forward proposals for setting priorities in the context of a re-allocative zero sum science budget. In terms of method, these exploratory committees (*Verkennings Commissies* or VCs) all used bibliometric methods to some extent but with specific adaptation to their discipline. Thus the VC in biology used as a measure at group level the productivity of the groups in journals with a high impact factor. The VC in chemical research opted instead for a bibliometric analysis at the national level by measuring the relative contribution of Dutch researchers to the 68 most important journals, rated by impact factor, the list being extended by the committee. The committee combined these data with limited peer reviews. The VC in molecular biology and biochemistry opted for a large citation analysis on three levels of aggregation – institutional, departmental and the research group. It combined these results with specific biochemical indicators. The variety of methodological approaches reflected differences in perceptions of their task by the committees. Through use of different units of analysis, the VC in chemical research made recommendations at the level of sub-field or speciality while that in biology delivered its recommendations at the level of university biology departments. The reports also differed in the response which they elicited, that on chemical research building on a consensus and being regarded as a "blueprint for the future of research" while that on biology was attacked in some quarters.

C. EVALUATION IN THE SELECTION OF RESEARCH

The most elaborated evaluation procedure is that by which research councils allocate resources to individuals, projects or programmes, which is not surprising since this is their *raison d'être*. This is not to say that all systems are identical. The first dimension in which they vary is in the degree of selectivity and concentration. Put another way, this distinction is between the situation where the researcher has funds at his own discretion or has to compete and undergo a selection process. In most countries a dual support system operates where general university income (from whatever source) is supplemented by grants to cover the incremental cost of research.

1. General university funding

An example where little selectivity is practised is in Japan. Rather, funding is based on the academic entity known as the Koza, a unit headed by a professor. Koza are categorised according to subject area and other criteria and each receives a financial allocation according to this. These funds cover utilities, small research tools, etc., and are intended to provide a

basic freedom of research for individual researchers. The main drawback of this approach is that inactive researchers may be funded. In addition, for priority areas there is a scheme for Grants-in-Aid for scientific research which operates a peer review process based on 1 200 scientists who form a pool from which reviewers are drawn.

2. Focus on the individual

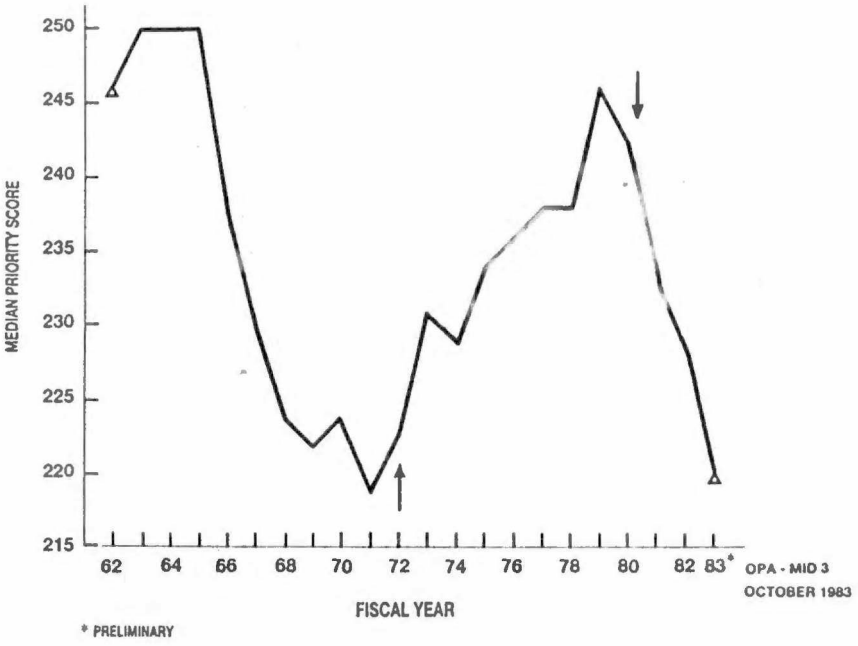
The Canadian Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC), which provides grants for basic and applied research in universities, is an example of a research council approach which is more selective than the Koza scheme but which still focuses on the individual, though in the context of specific scientific proposals. The funding level reflects the quality of the potential research contribution. In the main operating grants scheme applicants are required to produce proposals but there is no commitment by the researcher to pursue that line of inquiry once the funds have been awarded. The other main feature of the scheme is that most applicants (about 75 per cent) receive funding. Adjustments take place in terms of changes in the *level* of funding and in terms of these passing into and out of the system.

3. Inflation in peer ratings of project proposals

Most research council systems consider both the past performance of the applicants and the specific proposals put forward. Although a mission-oriented agency, the National Institutes of Health in the USA fund research in universities on the basis of proposals submitted by investigators in much the same way as research councils. A point of particular interest in this version of the peer review system is that it illustrates the problems of operating a system based solely on judgements of scientific merit when resources are constrained. NIH carries out peer review of grant applications through two sequential levels of review known as the dual review system. Most applications in the public health field enter the system through the Division of Research Grants (DRG) whose function is to assign the proposals to one of over sixty scientific review groups known as study sections, the membership of which is drawn from active researchers in the field. Members individually assign ratings according to their own standards of quality and priority scores are derived. Approved proposal summaries are then passed on to Institutes where Councils may make marginal changes to the priority order on the basis of high or low programme priority. Applications are arranged in order of decreasing priority and the "pay line" or the number of projects which can be funded is then determined by the Congressional appropriation for the programme in question.

It is a fundamental assumption in the NIH peer review system that priority scores represent an absolute standard across fields and study sections. In practice, study section members are reluctant to use the full range of scores because they are concerned that other study sections might rate in a more lenient manner and produce priority scores that are more competitive in subsequent Institutes funding decisions. The inevitable result has been an inflationary pressure on priority scores as members attempt to ensure that proposals in their areas are funded by placing them above the pay line. During the 1970s, there was an attempt to address this problem by *normalizing* scores but this was subsequently abandoned. Figure 2 illustrates graphically the process of grade inflation amongst priority scores and how this stopped during the period of normalization only to recommence upon its abandonment. The problem is that while peers may make merit-based judgements within their fields, once cross-field comparison is engaged there is a strong temptation for them to become advocates for their respective fields.

Figure 2



4. Provision for termination

An important consideration when policy-makers are trying to devise means to promote a novel research activity is whether to encourage a network approach to link existing research skills or to establish a separate laboratory or institutions. A recurrent problem with the latter option is to decide the length of time selective support is to be applied and how to run down or terminate the activity subsequently. The *Max-Planck-Gesellschaft* (MPG) in Germany operates 50 institutes, each with its own director. Since the late 1960s the term of directors has been altered from life to seven years (renewable) and the society has developed procedures for reviewing performance, the direction of research and the future of each institute.

All Max-Planck institutes have scientific advisory committees which regularly evaluate their research and advise the President of the society. However, these were not considered appropriate for the consideration of long term, more far reaching measures. Instead, several years before the director of an institute or department is due to retire, a special visiting committee appointed by the President and composed of scientific peers with a strong representation from outside Germany makes an extensive survey of the institute's (or department's) recent activity as well as of the overall situation in its research field. Following a site visit and interviews with senior staff, a confidential report is sent to the President advising on whether the institute should be maintained and, if so, whether major changes are necessary in its research profile.

That this process has been effective is demonstrated by an average of one major closure per year for the last twelve years. This has allowed the society to launch several new initiatives with a budget that has remained level in real terms during that period.

5. Institutional evaluation at programme level

The project is not always considered to be the most appropriate unit of operation in *ex-ante* evaluations. In the Federal Republic of Germany the selection of Special Collaborative Research Programmes (*Sonderforschungsbereiche* or SFBs) is an example of programme evaluation where the fitness of a university for an award is considered. This programme was established by the Federal and *Länder* governments following a recommendation by the Science Council (a national advisory body). The object was to create an instrument for promoting specialisation of the universities in research through establishing centres of excellence in science and scholarship. In 1985 there were 162 SFBs at 43 universities costing some DM 300 million. The funds are administered by the *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (DFG), a privately organised but publicly funded institution for the promotion of research in all fields. Funds may be provided for up to 15 years on the basis of proposals put forward by individual universities and endorsed by their *Land* government.

The evaluation procedure is conventional in its techniques (two-day site visits at three-year intervals by review committees of peers) but unusual in its scope and effects, and therefore also in the criteria applied. These are evaluations of the universities as institutions and are not confined to the quality of individual proposals or groups. They are explicitly extended to examining the university's quantitative and qualitative assign priority to a certain research field, in terms of its decisions concerning staff and resource allocation, recruitment of personnel (in particular at the professional level) and investments for buildings, libraries, scientific instruments, etc. It is these aspects of long-term development of a university's research profile which justify the considerable formal prerequisites for establishing new SFBs: a positive decision by the DFG requires that the new SFB has been formally endorsed both by the *Land* ministry responsible for its university and by the Science Council.

The review committee, which remains either unchanged or with minor changes over the years, will repeat its evaluation at three-year intervals and thus be able to study the effect of university's effort in its development over time. From the second occasion *ex-ante* evaluation is supplemented by an *ex-post* evaluation, this gives the evaluation the additional benefit of an historical perspective.

Two aspects of this review procedure merit attention. Reviewers are never from a single scientific or scholarly speciality and non-German nationals frequently participate. This is seen as an effective antidote against partisan errors of judgement in a positive or negative sense. The funding decision itself rests upon the review committee's recommendations, but it is taken in a special committee of the DFG with participation of the Federal and *Länder* governments. Scientific members of that committee participate in the site visits, but they do not take part in formulating the reviewers' opinion.

6. Institutional evaluation at the level of national planning

In several countries where universities are reliant on the state for resources there is a tendency towards increasing evaluation but with different approaches and responses. The example referred to in the preceding section represents the only formal evaluation of

universities as institutions either in teaching or in research in Germany. It is particularly welcomed by those universities which seek to foster research activities on a par with non-university research institutions. In a situation where there has been no growth in German universities since 1975 they see an imperative to plan for a future in which, with student numbers declining, their overall size, their discipline structure and possibly even their survival as institutions may come to depend more strongly on their research performance.

Another example of evaluation of universities at a national level is the system of *conditional finance*, introduced by the Ministry of Education and Sciences in the Netherlands in 1982. In contrast to the previous liberal system of allocation of block grants to universities, this scheme invited universities to submit research proposals which should include information on the goals of the programme, the reputation of the group, the possible social relevant of the research, the costs and the position of the group within existing networks of national co-ordination. Among the objectives of this reorganisation was the promotion of the cohesion of university research by stimulating groups of researchers to formulate research programmes and to introduce an independent external assessment of these programmes and their results.

The assessment procedure was carried out by evaluation committees in the various disciplines, but these varied in composition and working method, some including international representatives for example. Criteria were imposed by the ministry, being the scientific quality, scientific and social relevance and the size and coherence of the proposals. There was some disquiet that the requirement for programme-type proposals would discriminate against humanities and social sciences which were unused to working at this level of aggregation. The committee's judgement was final and had to be a simple yes or no.

In practice, the criterion of scientific quality was emphasized and that of social relevance often avoided because evaluators regarded it as too controversial. The outcome was that various sciences were dealt with very differently and the institutional relationships between committee members and those evaluated also had effects. As a result, the 1984 procedure has been modified with guidelines expressed more clearly and a formal interaction procedure introduced.

Where the resources in question are for general university funding, not specific projects or programme, the evaluation exercise can acquire an enormous scale and complexity. Such has been the situation in an ongoing exercise carried out by the University Grants Committee (UGC) in the United Kingdom. This body has mediated between the government and the universities and traditionally only made specific funding recommendations at the margins. During the 1980s its role has changed and in a general environment of financial stringency it has been obliged to pass budget cuts on to individual universities with specific suggestions to each as to how it might restructure itself in the light of reduced funds. Also operative in this restructuring is an intention to fund universities more selectively by encouraging strengths and eliminating weaknesses and removing duplication in the system as a whole. There is a belief that funding of university teaching and research ought to be more clearly differentiated with different criteria applying.

It was recognised by the UGC that there was little in the way of systematic data on the performance and standing of the various departments and disciplines in each of the universities. It had little choice but to ask the universities individually to demonstrate, by whatever means they found adequate, where their strengths lay. The initial part of this "planning exercise" was completed in November 1985 and has been used with other data to make specific recommendations. The major methodological problem with this approach has been that each university has developed its own criteria and comparability has been difficult. More objective indicators being used include data on numbers of graduate students, research

staff and external grants from research councils and industry. More emphasis is being placed on grants from research councils, implying that the output of their peer review system is being taken as an index of quality. The evaluation measure which has caused most concern among academics concerns the use of publications. Each department was asked to list five publications which were *most representative* of its research output during the preceding five years. No indication was given of the use to which this list would be put. So far, little use has been made of citation methods.

7. The peer review system

There is little doubt that in most Member countries the peer review system remains the dominant mechanism for *ex-ante* resource allocation. In no case, for example, was bibliometrics regarded as a substitute though most peer reviews consider past publications of applicants as a relevant factor. This illustrates an important point, that while the purpose in project selection is *ex-ante*, any consideration of the ability of the researchers to perform the research must involve an appraisal of their past performance. This may be explicit or rely on the reviewers' general knowledge of the field. In a sense, the more the system is researcher-oriented, as in Japan or Canada, the more reliance is placed upon the judgement of those researchers as to what the scientific priorities should be. In more project-oriented systems, the reviewer is exerting a control over the direction of development of the subject. A positive benefit of the project system is that it is easier to concentrate scarce resources when they are most needed and it obliged the researcher to formulate objectives and workplans in a clear manner. The tension is that too much selectivity excludes sources of new ideas, and unexpected results and too little spreads resources thinly and risks funding inactive researchers.

The exercise becomes altogether more problematic when the level of aggregation is raised. The German case, implying additional resources and focused upon well defined programme proposals has encountered few difficulties. Difficulties however, have arisen in the Dutch and British examples where the scope is extended to most or all of the university system. In the Netherlands, programme proposals were solicited to provide a unit of analysis, but the British case attempts to address the whole system with what must be regarded as a data base of uneven quality together with an inadequate resource base at the centre to process adequately the large volume of information collected.

D. SELF-INITIATED EVALUATIONS OF UNIVERSITY RESEARCH

1. External reviews

It is not always the case that evaluations of university research are instigated by funding bodies or government planners external to the university. Evaluations may also be used within the university as a means of maintaining or improving standards. One such approach is the systematic external review carried out, in American and Canadian universities. Typically, departments or programmes are reviewed say every five years by a visiting group of scientific peers. A well articulated scheme is in operation at Rutgers University (US) where the process begins with the selection of a review panel of 2-4 members nominated by professional organisations, funding agencies or major journal editors. The group receives a package of

documents centred upon a narrative self-study by the department chairman describing the development of the discipline on campus, its goals and objectives and some statistical information on enrolment as well as a statement of long range plans for the discipline. Curriculum vitae of faculty members are also appended. Panel visits last two days and address a set of standard questions. Prior to departure the panel presents an oral report (the exit interview) to senior academic officers. This is considered particularly important because individuals may be named, an event which happens rarely in the subsequent written reports except in a positive context.

Until the late 1970s, this system had only minor effects at Rutgers, but the University then undertook a more radical self appraisal and re-allocation of its resources. An internal Task Force recommended the establishment of a standing committee to monitor, review and follow up the external review process, meeting each review team and ensuring consistent quality between external reviews and between those and its own ratings of programmes. A particular problem recognised by the Task Force was the tendency for reviewers to put the best possible light on professional colleagues. The Standing Committee issues advisory statements after considering departmental responses and ultimately the Provost makes specific recommendations concerning the programme and establishes a timetable for their implementation. Since 1981, 5 per cent of the total research fund has been re-allocated as a result.

2. Use of indicators

Two (perhaps rather untypical) examples from Sweden illustrate the application of quantitative indicators within academic institutions. In the first, the sub-faculty of Biological and Geological Sciences at Göteborg University has developed "departmental maps" using six indicators of research activity:

- The number of researchers in the department;
- The number of external contracts;
- The number of grants from primary research councils;
- The number of papers produced;
- Maps of international connections (invited professorships, visitors, etc.); and
- The use of non-Swedish external examiners.

The data which was first collected in 1979 is now routinised and forms part of the sub-faculty's resource allocation system. Interestingly, the package is seen as a useful device for the early spotting of departments with difficulties, allowing deans to take quick remedial actions.

The second example, that of the Karolinska Medico-Surgical Institute is unusual in that it has built up an administrative model which facilitates a more rapid re-allocation of resources from areas of low research activity to those of high activity. Among the principles underlying this model are the notions that allocation of resources should be based on agreed indicators of previous research activity compared with similar departments, and that the redistribution of resources should be gradual and long term. The mechanism was that eight activities were measured and given a value and a calculation performed on this basis. Within the Institute, this model is believed to provide a quantitative indicator of quality, and in an institute devoted to excellence in research, the model serves to focus discussion on this issue more efficiently than in the past. To place the exercise in perspective it should be noted that while SKr 5 million have been redistributed, these represent the flexible component in a total budget of some SKr 800 million over a period of 7 years.

3. Linkage to resource allocation

What is striking about these examples is not that the processes take place but rather that they have been institutionalised to the degree that sufficient confidence is placed on them to result in re-allocations of resources in a negative as well as positive sense. The Rutgers example had been a conventional review but the creation of the Standing Committee, following an exhaustive review by the Task Force, provides a mechanism to standardize and elicit more sharp-edged comments from review committees. Göteborg uses indicators but the Karolinska Institute is a rare example of a mechanical link between indicators and resources. A question which may be posed is whether such a system will reach an equilibrium and cease to be a positive stimulus. Both at Rutgers and Göteborg the actions arising from a review are now regarded as obvious, particularly if a weakness is identified. In this situation additional resources may still be called for in order to remedy the situation.

E. *EX-POST* EVALUATION OF PROJECTS AND PROGRAMMES

The point has already been made that in the *ex-ante* allocation of funds by research councils, the past performance of applicants is an important factor for consideration. However, this approach is not designed to yield systematic information about the standing or direction of the programmes concerned and it is in the context that *ex-post* evaluation exercises are undertaken.

1. Systematic *ex-post* project reviews

Two examples of a comprehensive approach to project evaluation are to be found in Sweden and the USA. In the first case, the Swedish National Research Council (NFR) has sought to establish the quality of the projects it funded across its whole portfolio including biology, physics, mathematics, geosciences and chemistry. The evaluations, which span the years 1977-1980, are carried out by teams of experts including foreign scientists, whose views are given considerable weight. Apart from the issue of quality, the team is encouraged to comment on the mode of research management or any deficiencies in terms of resources. Comments are also sought on the general direction of research funded by NFR as input to formulation of priorities. An unusual feature of these evaluations is that reports on the performance of teams and individuals in receipt of grants are publicly available. As such, it is inevitable that the outputs of these evaluations may be used in the wider context of academic staff development. During the last few years, the NFR has been completing its first cycle of subject area investigations. The question which is currently being considered is the wisdom of starting in cycle over again. The benefit is being able to see the extent of change since the first review but the exercise was costly. An evaluation of the evaluation scheme itself, which included the views of those evaluated, concluded that evaluations had generally been conducted in a satisfactory manner and that their recommendations had largely been followed where it was feasible for the Council or the researchers to do so.

In the US National Science Foundation, the institutionalisation of *ex-post* peer review has gone a stage further. Earlier studies by the Foundation had concluded that (in the Chemistry Division) while about 90 per cent of grantees submitted further proposals to NSF

and reviewers did evaluate prior work, these reviews yielded ratings which were too few, ambiguous and not valid measures of the quality of prior work. On the basis of a comparison with a citation-based study it was concluded that the quality of prior work had a surprisingly small effect on the award decision. As a result of those findings and in response to congressional pressure, there has been a significant modification of the peer review process. Reviewers of new proposals are now normally requested to provide explicit comments on prior work and on the basis of these comments provide a summary rating. The data for these comments comes from a modified application form with space for a four page summary of the results of complete work. Given the high re-application rate, most awards are thus evaluated.

2. *Ad hoc* programme evaluation

In several countries, from time to time there are *ex-post* evaluations of research programmes carried out either in support of particular policy objectives (increasing quality or re-allocating resources) or to meet more general requirements for evaluation. Some of these studies are primarily methodological in intention as in the United Kingdom where the Advisory Board for Research Councils (ABRC) commissioned citation, co-citation and co-word models in five research fields in order to evaluate the usefulness of these techniques to policy-makers. A two-stage validation process was applied. In the first, experts took part in a series of workshops mainly aimed at comparing results for consistency with the knowledge of scientific experts. The second stage involved policy-makers assessing the practical value of the techniques. As a result of the studies, the ABRC has endorsed citation and co-citation as worthy of further study and commended their use to research councils while cautioning that they should not be used alone and required knowledgeable interpretation. They concluded that the co-word system required further development. ABRC has recently announced an extensive citation analysis of British science using the journal influence method.

In Canada, the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) is undertaking an evaluation which addresses its largest activity, the Operating Grants Program (see Section C). Issues addressed include the quality of the research, the impact of the programme and the functioning of the peer review process. In this latter case where for example, selection criteria for grant applications are being examined, the *ex-post* evaluation will address the evaluation decisions carried out earlier in the process. The methodology is primarily survey-based and included both those receiving grants and those rejected. Output is to be assessed by a variant of peer review in which world class researchers in foreign universities with previous personal experience at a Canadian university will be surveyed. To avoid the problem of a biased sample (see Chapter 4), reviewers will be selected by asking foreign organisations such as NSF to identify highly regarded scientists from a list of former Canadian grantees now in US universities. Bibliometric data is given low priority in the study as it is considered to have a potential bias against French language data and areas where the research relates to concerns that are primarily Canadian and the findings are not of widespread international interest.

In contrast, the Australian Research Grants Council is planning to carry out an *ex-post* evaluation of approximately 50 projects which terminated in 1984. The study will focus on bibliometric evaluation (publications, citations and co-citation). Also the Department of Science is currently investigating the use of bibliometric techniques as they apply to the Australian R&D community as part of a wider study on science and technology indicators.

F. ISSUES IN THE EVALUATION OF SCIENTIFIC RESEARCH IN THE UNIVERSITIES

This investigation has revealed that evaluation is taking place throughout the university system in most Member countries and that it takes place at a multiplicity of levels. The tension lies between the mutual evaluations by scientific peers, which are used to shape the direction and maintain the quality of a discipline, and the wider demands made upon evaluation as an instrument for changing structures, determining the allocation of resources and assessing the performance of an area in contributing to mission objectives. Much of the effort of the organisations studied has been focused upon establishing indicators of quality. Bibliometrics, the use of foreign experts, and other indicators and devices all represent ways in which it is sought to demonstrate quality of science to a wider audience which may not be fully convinced by what it sees as the mutual beneficiaries of the peer review system.

Only in isolated examples were indicators used in a mechanical sense for the allocation of resources but where difficult decisions have to be made, their consideration is becoming more common despite often deeply expressed misgivings about their significance. The allocation mechanisms examined seemed to work best where there was a clearly defined question demanding a yes or a no in response to a well defined project or programme proposal. Where whole areas of science or institutions are under appraisal the process appears altogether more political.

Ex-post evaluations are not directly concerned with the allocation of resources. Why then are they undertaken? In the case of the internally initiated university evaluations and to some extent for the research councils there was the incentive of improving performance by a process of self-scrutiny. There was also pressure from outside the research system and in many cases evaluations were intended to satisfy either an explicit or implicit government requirement that the objectives, implementation and outcome of research expenditure be examined.

VI. EVALUATION OF MISSION-ORIENTED RESEARCH

A. INTRODUCTION

Mission-oriented research is interpreted in this Chapter as including three institutional forms:

- Research council programmes with industrial objectives;
- Extramural research sponsored by government mission agencies;
- Intramural research sponsored by government mission agencies.

Each of these is characterised as having objectives which go beyond excellence in science to include relevance to the perceived economic or social need. In effect, further criteria are applied to the evaluation of research. The first two sections are concerned with how these multiple objectives are reconciled within two types of programme while the third makes a brief comparison with evaluation in the context of an alternative institutional framework for pursuing the objectives, the government laboratory.

B. RESEARCH COUNCIL PROGRAMMES WITH INDUSTRIAL OBJECTIVES

Areas of research with technological objectives, particularly engineering, are evaluated according to a different balance of criteria in the countries studied, even when that research is carried out in universities. As Chapter 4 emphasized, one way in which the criterion of utility or applicability is brought to bear is by the placement of industrial scientists or engineers within the decision-making bodies of the peer review system.

An interesting example of how the criteria of quality and utilisation are balanced is to be found in the Netherlands in the Foundation for Technological Sciences (STW), established in 1981 with the aim of stimulating technological research in higher education institutions. "Utilisation" does not necessarily imply that there is an identified user for the research though this is considered desirable. Selection procedures are in three main stages: in the first round, five experts selected for a specific proposal give their written comments on it (without rating it) and counter-comments by the applicants are attached. Subsequently, the package is sent to twelve individuals who act as a "jury" and are asked to rate the proposal on a series of criteria. The board of STW sets the final priority but almost always follows the jury gradings. STW regards speed of decision and a success rate of over 50 per cent as necessary features of the system. A point which has been reiterated in several countries is that utilisation is essential. That is to say it is far preferable when a user/client shows active commitment to and involvement in a project, for instance by financial support.

An *ex-post* evaluation designed to test this point was carried out by the Canadian Natural Sciences and Engineering Research Council. It addressed two schemes designed to

transfer research results from university to industry. As participation rates had been low it was possible to obtain good coverage using telephone surveys of academics, forms and university administrators, supplemented by a smaller number of case studies. The major methodological problem encountered was how to establish the criteria for assessing success and failure. These were found to be multi-dimensional concepts open to dispute on the weight to be placed on each dimension. In this evaluation, criteria used included completion rates, whether the projects would have occurred without support and whether results of most projects have been transferred to Canadian industry.

In Sweden, the National Board for Technical Development (STU), which supports applied and mission-oriented basic research in the engineering sciences, regularly makes peer reviews following the same model as the NFR (see Chapter 5). Such evaluations have been concentrated on the special "selected programme areas" where co-ordinated research is financed in five-year programmes. Thirteen have been covered so far. In parallel, a method concentrating on the industrial and societal benefits of research is being developed. This methodology uses a number of different criteria measuring intermediate effects such as industrial contacts with research institutions, career paths of trained researchers, impact of research on education in engineering and international visibility.

If there is a trend to be observed in this type of evaluation it is that relevance and utility are now expected to be demonstrated in some tangible form, preferably one where the user (usually industrial) is prepared to devote resources of time, facilities or money to the research. In all cases, considerable stress was placed upon the need to maintain the quality of the research and not to treat this as a trade-off with utility. Despite this, there were occasional cases where a drop in quality was sustained in order to meet programme objectives, for example where there was a desire to attract new researchers into a priority area.

C. EXTRAMURAL RESEARCH SPONSORED BY GOVERNMENT MISSION AGENCIES

As with the research council programmes, mission agencies sustain multiple objectives but in this case the object is not so much to reorient university R&D as to achieve the mission objectives. Two agencies in the USA demonstrate how *ex-ante* and *ex-post* evaluation can be used when the mission agency is sponsoring fundamental research. Department of Energy's (DoE) Basic Energy Sciences Program (BES) supports a large programme of energy-related basic research. Individual projects are selected on the basis of peer review but the criterion of meeting mission of objectives is broadly defined. The Department developed a particularly rigorous application of *ex-post* peer review in which a random sample of 129 projects was reviewed by 40 panels of scientific peers who initially were asked to rate their own expertise and possible personal relationship with respect to each project. An analysis of project ratings provided by reviewers from different types of institution (industry, universities and DoE laboratories) was judged as showing that these backgrounds did not significantly affect the results of the assessment. Following perusal of a package of relevant information and hearings with principal investigators, panelists were asked to rate projects on a numerical scale across a series of variables and a composite rating of overall project quality. Having completed this individually, the panels then reached a consensus through discussions. An interesting issue addressed during this evaluation was the assessment of whether there was a substantial quality difference between work carried out in the Department's laboratories and universities. No statistically significant difference was found.

1. *Ex-ante* programme evaluation

The Office of Naval Research (ONR) in the US Department of Defense funds research which is judged relevant to Navy needs. Fifty six per cent of these funds are spent in universities. ONR operates a similar scheme to that of DoE but had also developed an unusual formal procedure for *ex-ante* evaluation at programme level. ONR assigns its research funds to eight internal Navy organisations, called claimants. These claimants receive a budget for two types of programmes. One type, called "core" consists of long term evolutionary funding and accounts for slightly over half of the ONR budget. The remaining funds are allocated to the other type, called "Accelerated Research Initiative" (ARI), consisting of promising research programme in which funding is concentrated for a limited duration (5 years) in order to accelerate progress. All claimants compete against each other to obtain funding for ARI programmes (accounting for about 5-10 per cent of funds annually).

Evaluation of proposed ARIs by the Planning and Assessment Office at ONR Headquarters (known as 102B) begins in mid-autumn and runs to late spring. The total ONR research programme is divided into 15 technical disciplines called sub-elements. A technical expert from ONR (the monitor) presents a status report on his discipline which includes promising research opportunities. Taken with other research and Navy requirements documents, 102B develops a comprehensive list of priorities which is sent to the claimants to provide technical guidance. In late winter, claimants send brief technical descriptions of their proposed ARIs to 102B, panel areas are indentified and reviewers selected. Panels are asked to address research quality, transition potential and Navy relevance. Experts from universities, government and industry are appointed to examine for the first criterion whereas Navy personnel determine the latter two. Panel members meet in mid-spring and following presentations and questions, reviewers individually rate the programme on a structured form which includes a self-estimate of the reviewer's expertise in the area. The Chairman summarises the preliminary ratings and discussion follows in an attempt to reach consensus scores. The similarity to DoE's BES reviews from which it was derived should be noted. The principal difference is the explicit addition of mission relevance experts to the panel.

After all the programmes have been reviewed they are ranked in priority order and comments are recorded. When all panels have met, 102B examines the panel scores and comments for each programme and claimant priorities, then develops a prioritised list of proposed ARIs which is presented to the ONR Corporate Board in late spring for final approval.

2. Collaborative research

In the United Kingdom, an innovative evaluation approach has been adopted by the Department of Trade and Industry for its Alvey Programme of Advanced Information Technology. This programme has a complex structure with three ministries providing 50 per cent funding for industry and 100 per cent for universities on condition they collaborate within and across these categories to meet the programme goals. The scale and importance of this approach has led the Directorate to commission a "real time" independent evaluation which combines data collection for an *ex-post* evaluation after five years with a continual feedback of evaluation reports on salient issues as they arise during the programme. This "spoils the experiment" but allows the lessons of the evaluation to be applied quickly in the programme and if necessary in any successor programmes. Another feature of this evaluation is that as well as addressing programme strategy, it also covers the structure and organisation of the

programme which includes issues such as the workings of collaboration and intellectual property rights. Such "process" issues are less "technology specific" and hence more easily applied in other contexts.

3. Extramural research

From the American examples it appears clear that a mission agency cannot afford to let the criterion of scientific quality go unattended and each provides examples of well-worked peer review systems. That of ONR, like the German special collaborative programmes in Chapter 5, shows that priorities can be handled more systematically if there are clear alternatives to be considered rather than expecting them to emerge in an *ad hoc* manner. The Alvey evaluation is quite different in scope and approach but offers considerable promise as a method to be pursued when the structure as well as the content of science or technology is under consideration. These are both aspects of the same issue as one cannot be pursued without the other.

D. INTRAMURAL RESEARCH SPONSORED BY GOVERNMENT MISSION AGENCIES

The status and performance of government laboratories have been a matter of consideration in several countries. Major *ad hoc* reviews have been undertaken, for example in Canada. As the example of US DoE in the previous section illustrated, comparison of intramural with extramural research is frequently an issue. Quality of science is a prime concern, though it should be noted that laboratories generally have longer term, more mundane, duties to perform. A general problem of government R&D is the determination of the degree to which a programme has benefited its clients since, as results are often free, there may be a tendency to label the R & D as a good thing without considering the nature or extent of its true value to them.

The National Research Council in Canada, the principal research agency of the Federal Government, is interesting in that assessment of performance takes place through two separate mechanisms, Council Review Committees and Program Evaluation. The former is a peer review system in which eminent experts carry out site visits and consider documentary evidence. Committees rarely comment on individuals, considering rather that their function is to flag new areas of science and provide advice on how to cope with diminishing resources. While the review process was considered adequate for the assessment of quality of research it was not perceived to be satisfying the evaluation requirements of the Canadian Treasury Board. In consequence the Program Evaluation Office was established in order to examine the rationale of the programme, its objectives and its effectiveness in meeting them. However, unlike the Review Committees, the evaluation does not follow the divisional structure but rather relates to the activity structure which makes complementarity between the two difficult. Peer review appears more securely institutionalised, perhaps because the Review Committees are composed of outside experts reporting to the Council itself, while Program Evaluation is carried out by NRC employees. More fundamentally, the example illustrates the point made in Chapter 3, that the system can cope far more easily with assessing the quality of results of research than in forming a judgement about their contribution to social or economic goals. There are both structural and methodological reasons for this. The quality issue is intrinsic to science and is addressed without contradicting its social structure.

Relevance is a broader issue and one where the scientific community must interact with business and other communities driven by a different set of values. At a more practical level, the level of methodological development has not yet allowed those responsible for evaluating economic and social returns on research to carry their arguments with authority except in the most application-oriented areas.

Another critical feature of evaluation of intramural research is its relationship to management and career structures. In this respect, procedures can be quite similar to staff assessment in large industrial laboratories. A fairly typical example of evaluation in staff development is provided by the procedures of the National Aerospace Laboratory in Japan which is among the country's largest government research establishments. The principal evaluation approach is the Director-General's hearing in which every researcher reports to the Director-General and other senior figures on progress and problems. This takes place each October, while a similar process each February consists of each Director explaining his Division's research plan for the financial year. Priorities and budgetary allocations are decided on the basis of these hearings. Mechanisms may vary from country to country but the principle of internal review by management is almost ubiquitous.

1. Level of analysis

The question of an appropriate level of analysis was addressed in the context of evaluation in the major French research organisations. Participants at a seminar organised by the Centre de Prospective et d'Evaluation (CPE) and by the CNRS Science, Technology and Society Programme (1983) examined evaluation procedures and sought to analyse how well they were matched to the different scientific, economic and social objectives. The bulk of evaluation work in the organisations tended to be performed by committees of peers or experts and be aimed at assessing individuals and institutions; on the other hand, it was noted that some organisations undertook very little programme evaluation.

An earlier review by CPE had identified diverse interpretations of what was meant by the concept of a programme, ranging from the individual to the national level.

The seminar referred to above considered that the distinction between fundamental and mission-oriented research was inadequate to classify evaluation practices; however the difference in approach between the various organisations is very instructive.

For institutions engaged in fundamental research such as the CNRS, there are a number of scientific evaluation bodies composed of appointed and elected members (National Committee, Specialised Scientific Commissions, etc.). To the bodies concerned with research areas have recently been added interdisciplinary bodies, whose competence extends to proposing the recruitment of researchers and promotions and also the creation, dissolution or alteration of research teams.

Evaluation is by various methods including commissions, investigative reports and encounters between laboratories working in similar areas. Site visits may take place but these are rare in some organisations. Reports tend to rely heavily on the number of scientific publications but also, increasingly, on the spin-off (patents, contributions to international symposia, teaching, etc.).

Organisations carrying out applied research (e.g. INRA, CEA and CNES) tend to rely more heavily on "encounters" (*confrontations*) than reports.

INRA and CEA have systems for constant monitoring of research, INRA keeping a data bank on its research programmes.

For CNES (the Space Agency) mission relevance can be directly assessed because there are external customers and competitors. The situation is more complicated for CEA (the Nuclear Agency) but it has addressed the problem by structuring itself so as to create a domestic market. The Development Agency, OSTORM, which had opted for the CNRS model, recently changed its evaluation procedures and organisation.

E. ISSUES IN THE EVALUATION OF MISSION-ORIENTED RESEARCH

At first sight the evaluation of mission-oriented research might seem very straightforward, consisting of a binary gate in which fulfilment of the mission, resulting say in a product, is equivalent to success. Even if the research can be so precisely linked (and efforts to do so have rarely been convincing) there is still the matter of successfully innovating the product and obtaining a return on investment (private or social). This crucial stage is dependent on many factors unconnected with the research and, as Chapter 3 emphasized, the whole process is time-dependent and often so lengthy that by the time an evaluation has taken place it is of little more than academic interest. Nevertheless, demonstrating these links remains a target for evaluators and will continue to do so for as long as the case for research is framed in an investment perspective.

In the meantime, both university and agency sponsored programmes have concentrated in their evaluations upon the more attainable goals of user-involvement and the *ex-ante* and *ex-post* stages. For some mission-oriented agencies, the users are within the same agency and there the organisational challenge is to ensure an "internal market" whereby needs are communicated to those performing the R&D. For another category of mission-oriented research, that performing strategic or underpinning research (for example on standards), clients may be numerous but difficult to identify. The clients themselves may find it difficult to place a value upon the research in question from their point of view. Some research on nuclear safety, for example, may not affect reactor design at all but have instead an effect on the climate of opinion and indirectly upon licensing decisions.

With many countries questioning the appropriate role and scale of government sponsored research, a recurring theme for evaluation has been to compare intramural and extramural research. Most commonly, the criterion of comparison has been that of quality of research, with government laboratories sensitive to the suggestion that they do not perform research of comparable quality to that in universities. However, for mission-oriented research, as with scientific research, evaluation is most securely institutionalised where it is dealing with micro-level issues, the individual or the project. Large scale institutional assessment remains a matter for high level inquiries and ultimately political decisions.

VII. INTERNATIONAL PROGRAMMES

International programmes of research may proceed in a number of forms. The simplest of these probably is the bilateral contact involving visits by scientists to each other's countries for varying durations or other exchanges of results. Multilateral programmes may represent an extension of this type of research by an international organisation in pursuit of its objectives or the establishment of shared facilities to reduce costs of large scale experiments. A third type of programme is one where assistance to developing countries is an objective. Each of these produces additional demands and criteria upon the evaluation exercise, not least among which are the logistical problems of carrying out evaluations where at least part of the work is extra-territorial.

A. BILATERAL PROGRAMMES

An example of how a nation may assess and exploit its bilateral activities is provided by the Division of International Programs in the US National Science Foundation. This Division is responsible for the management of around 30 bilateral agreements and has consistently been under pressure to show that programmes, often begun for foreign policy reasons, are of high scientific quality. More recently there have been pressures to ensure that significant benefits accrue to US science from the programmes. The basic approach is the participant survey where, for example, US scientists supported by the Division's programmes, US hosts of foreign scientists under these programmes, and for comparative purposes US scientists engaged in international activities supported by other divisions of NSF were surveyed by post. Another approach was the use of expert panels, which rated projects against the criteria of scientific benefits, establishment of professional relationships and education and training accomplished. Judgements were also made as to whether international involvement or collaboration was necessary.

An innovative approach to evaluation in the Division has been the use of bibliometric techniques to identify which areas in a US/Italy co-operative programme would be advantageous to the US in the sense that they were characterised by unusually high levels of Italian activity, by relevant investigator intersects between collaborative grants in the years 1980-83 and by bibliometric models built on research activity in 6 fields. Two methods were used to identify research areas in the models that appeared to be relevant to grant work. One was to search the models by the names of Italian scientists (or their US collaborators) and the other to search models by subject terms taken from either the title or a descriptive summary of the grant project.

B. MULTILATERAL COLLABORATION – EUROPEAN COMMUNITY PROGRAMMES

As well as being particularly active in the methodological development of evaluation the Commission of the European Communities has, over a number of years, developed an evaluation strategy for the large scale research activity for which it is responsible. For "shared cost actions" which are carried out by national or private laboratories with a substantial Community financial contribution, an *ex-post* peer review is carried out over a period of 6-8 months and covers scientific and technical achievements, economic and social contribution and effectiveness of management as criteria. For "concerted actions", where the Community only bears the co-ordination costs, a much more limited exercise is carried out consisting of "hearings" over a period of three days with a selection of researchers and potential users interviewed by an expert panel.

In a series of test cases several lessons were derived including one that the effective evaluation of a programme's results depends to a large extent on the precise definition of the programme's scientific, technical and socio-economic objectives. The existence of clear programme objectives was seen to have a direct bearing on the credibility of the evaluation exercise since it reduces the need for value judgements from evaluators. The greatest methodological difficulty was encountered in socio-economic impact assessment where problems in the inherent time lag were reinforced by the difficulty of operationalising some Community objectives. Approaches adopted included the presence of users or cost-benefit specialists in the panels and asking the Advisory Committees to submit statements on the R&D impact at national level. Future plans for evaluation were described in Chapter 4.

C. DEVELOPING COUNTRIES

Developing countries face particularly acutely the question of allocating scarce R&D resources to the optimum use. As such, evaluation offers a potentially vital tool but in smaller countries lack of a suitable administrative infrastructure can inhibit its implementation. To address this problem, the Commonwealth Science Council has organised a series of methodological workshops, initially in the Caribbean, with the intention of identifying and implementing appropriate methods. One proposal is an expert system (RESEVAL) which simulates the peer review process and may be applied by an administrator where sufficient expertise is not available.

The Canadian development agency, the International Development Research Corporation (IDRC) is an autonomous public corporation which supports research into the problems of developing countries and helps them build up research capabilities in national institutions. Evaluation is used extensively and it is often carried out by nationals of the developing country concerned, which aims to introduce the perspective of that country and to build an indigenous evaluation capability. The methodological experience of IDRC is that simple approaches are best, as advanced techniques such as economic analysis of rates of return are information intensive but fail to provide decision-makers with guidance for resource allocation decisions. Limited time and resources and the weak data bases encountered in the Third World reinforce this view. Specific methodologies which have been used include survey questionnaires, file analysis, semi-structured interviews, participants observation, citation index searches and cost-benefit analysis.

D. THE INTERNATIONAL "MISSION"

The types of programme described in this section are too disparate to reach clear conclusions which apply to all of them. What they do demonstrate is that international programmes may be seen from a range of perspectives. The US evaluates its activities from the point of view of a participant assessing the benefits of participation while the European Commission acts much as a national administration would to maintain the quality and relevance of its programme. In both cases, key evaluation issues are what research is appropriate for a collaborative rather than national approach and how the benefits of collaboration may be secured. For the developing countries, the message emerging is that evaluation methodologies are not easily transferable to a different context to that in which they were formulated which may have rested upon assumptions of data and human and financial resources which are not available. There is a clear need for appropriate methods to be developed *in situ*.

VIII. CONCLUSIONS

This report set out to explore the "state of the art" in the evaluation of research, at least insofar as this was determinable from the experiences of academics, civil servants and the institutions concerned with this in the Member countries. It was hoped that such a survey would bring to light the different contexts in which research evaluation takes place and indicate the methods and techniques most appropriate or most frequently used in each context. This would allow organisations in Member Countries to assess their own standing in relation to "best practice" across a wide range of types of research activity. Before offering some general features and guidelines which emerged from the data it is worth emphasizing the limitations of this study. First, it was confined to a restricted set of countries and we make no claim that what we have covered applies elsewhere, though we suspect many of the experiences are held in common. Second, within the countries studied, only a limited range of organisations were covered and these were not necessarily the exact equivalents from one country to another. Third, it was not possible to follow up each evaluation covered and to assess its impact on policy-making. The intention was to highlight individual cases of interest and to discern how the scope, purpose, criteria and methods were applied. Fourth, our coverage of mission-oriented research has been of a more limited nature than that of university research and we did not have enough data about private sector practices. What remains, we believe, is an extensive collection of experiences and lessons to be derived from them which will meet the objective of allowing Member countries to appraise their own efforts in comparison with others. A fuller synthesis should be delayed until evaluation has reached a more mature state of development.

The lack of maturity in the development of evaluation is demonstrated by the ambiguousness of the terms in which it is understood. Definitions of evaluation range from strict economic appraisals approaching the question of "value", through systems for allocating resources, to the broad activity of policy-making, monitoring and implementation of policy. Evaluation in this last context can often mean little more than a general review of a subject area. There is also an understanding of evaluation as being equivalent to the application of a single technique, such as citation analysis, to a specific sub-field of science over a prescribed time interval. Between the general review and the highly specific study, there lies a vast middle ground on which individuals, groups and organisations are carrying out, often in an experimental way, evaluations of research of various kinds.

A recurrent problem on this middle ground is the difficulty of specifying adequately beforehand the four interrelated elements – scope, purpose, criteria and organisation of evaluation. One reason for this lies in the institutional complexity in which contemporary scientific research is carried out. Because the various levels of the research system are interdependent, it is often difficult to draw a line round a particular sub-system that needs to be evaluated; or to be confident that the boundary will be respected not only during but after the evaluation. If the boundary between what is internal and what is external to an evaluation

is perceived to be constantly changing, the suspicion will be engendered that the results of the evaluation may be used in contexts different from, and for purposes beyond those formerly expressed in the terms of reference. This uncertainty, in turn, can politicise the evaluation perhaps even to the extent of casting doubt on the impartiality of the data gathered and the recommendations made. While it can be readily agreed that each evaluation remains connected in various ways to different parts of the national research system, the interconnection ought to be made more, rather than less, explicit. The point we make is that better evaluations will result if scope, purpose, criteria and mode of organisation are clarified beforehand (see Chapter 2).

In the Introduction it has been suggested that the current upsurge of interest in evaluation owes more to the nature of contemporary science than to the fact that growth rates of the budgets for research have slowed, and in some cases, became negative. The rapid growth of scientific and technological activities during the last 50 years have intensified the spirit of competition within science with the result that research evaluation which has always been implicit to science has become at the same time more explicit and politicised. It is the scientists themselves and their institutional leaders who encourage evaluation because they believe that only in this way will the new most promising areas of science be funded while the others, perhaps with longer histories, will clearly be seen to have had their day. The dynamic nature of science, then, implies that new activities will eventually come to replace older ones and this comes about primarily through the process of creating new specialities. It is the constant, and some would say accelerating, creation of new specialities which sets the key intellectual problems for evaluators; the development of techniques which are capable of making judgements between and across specialities.

If there is a common concern in all the evaluations we have encountered, it is that of judging the value or the quality of one area of science against another. It is a problem partly because those who currently command centre stage in cognitive or institutional terms do not want to abandon their position but it is also a problem of the incompatibility, or the incommensurability, of one speciality with another. Each specialisation is specialist because it has established its own research questions and methods as well as its own journals and intellectual leaders. There are currently no techniques available which allow different specialities to be compared and then ranked one with another, though it is important to keep in mind that this sort of comparison and ranking is carried out all the time in the various committees that are responsible for the funding of research. Nonetheless, the rational basis of this decision-making is far from clear. It is perhaps worth noting that while direct comparisons between fields are not possible on cognitive grounds it is possible, by assuming that new fields are likely to be more vital and hold the greatest promise for significant advance to rank new specialities simply by their relative ages. Certain bibliometric techniques are now available which make it a relatively straightforward task to identify new specialities and their intellectual leaders. From this development comes the observation that given the intrinsic difficulties associated with making judgements across specialities, funding agencies may find it easier to rank specialities in terms of age and promote the development of science by supporting youth instead of maturity. Given the speed with which new specialities emerge and their relatively small size, evaluations using these techniques will have the effect of identifying promising individuals more than promising areas in science and it is arguable that since this is what the peer review process is intended to do anyway these bibliometric techniques will give valuable support to a process that is currently under some public scrutiny.

As we have indicated in the earlier chapters peer review is the central method on which most evaluations are based. It operates at all levels of evaluation, over all types of research activity in every national research system. Equally, there is little doubt that peer review is

believed to work reasonably well, though there are justifiable criticisms about its appropriateness in particular instances. Some of these are given in Chapter 3 and we do not propose to repeat them here. We simply wish, in these concluding remarks, to underline the fact that many countries are experimenting with peer review; trying to find forms which are more able to cope with the complexities of contemporary science. There experiments have taken two specific forms; broadening the base of expertise; and introducing new forms of information to the decision-making process of which that provided by bibliometric analysis of various kinds is currently predominant but not necessarily the most significant. It is perhaps worth stressing that even though bibliometric methods are diffusing into the peer review process it has been slow and, in no case, have we found substantial support for the idea that these methods will eventually replace peer review. Much more significant, we feel, is the growing use of social science methods – that is questionnaires and structured interviews of various kinds – to gather evaluative information about individuals, programmes and institutions. To the extent that this is well done and the results interpreted with subtlety, there are coming into existence information networks which could directly challenge the authority of peer review committees. Surveys can reach a larger number of practising scientists on virtually any issue, whereas peer review is by its nature, a judgement by the few over the many. What would happen, then, if the respective evaluations did not agree? Could such an event overturn the decisions of the peer review process? Could the panel of peers respond by carrying out a survey of its own? Given the speed with which new specialities emerge in science and given the steady drift in science away from paper to electronic forms of communications, is it unreasonable to forecast that peer review itself will be broadened to include virtually all of the relevant community, whose opinions will be gathered electronically and whose judgements will be administered by a scientifically literate, but not specialist, bureaucracy?

Peer review can, of course, be broadened in various ways. Among the most challenging, currently, is to use expert consensus as the vehicle for evaluating programmes, scientific facilities, and institutions which have clearly defined socio-economic objectives. Without rehearsing here the various attempts that have been made in Member countries to deal with the question of whether the research carried out did or did not contribute to broader socio-economic objectives, it is worth drawing attention to the tendency, in these situations, to separate the scientific and the non-scientific aspects of the decision-making process. Here, a *modus operandi* can be established by first of all passing the research through a standard peer review aimed at determining its scientific quality and subsequently, handing on the "best science" to a higher level committee to decide which science is useful in relation to objectives. This *modus operandi* has grown up in part because it provided a first line of defence for mission-oriented agencies against the charge that in striving to attain their objectives they are using inferior science. It is worth noting that while this way of operating is useful when evaluation is carried out *ex-ante*, it does not deal at all with the extent to which the research did or did not contribute to mission objectives; that is with *ex-post* evaluations.

It is in the context of *ex-post* evaluation that the question is increasingly being asked whether one is getting "value for money" from investments in scientific research. In both the elaboration of methods of evaluation and in the experiences of evaluation practices of Member countries, the development of value for money criteria lags considerably behind other criteria aimed at determining the quality of scientific activity. The principal reason for this is not hard to find: the processes that link scientific discovery to economic growth are complex and, often, indirect. In particular, the relationships of scientific research to technological innovation do not lend themselves easily to cost benefit analyses. Usually, if one wants to gain an understanding of the ways in which scientific knowledge enters the innovation process one must be content to use the techniques that are more common to the historian than to the

economist but, even here, scholars have found it difficult to generalise the knowledge gained from detailed case studies into value for money criteria. There is much research needed here and this is recognised most clearly by those who would be consumers of a genuine economics of research. As one member of Congress in the USA has expressed that "the time has passed when the economic value of certain lines of research can be justified by anecdote, yet short of full scale case studies of major innovations there is little offered in the way of guidance from current techniques and methods".

If the techniques and methods of evaluation are still in a relatively undeveloped state, one reason for this might be the apparent lack of interaction of evaluation with the relevant decision-making processes. There is much evidence from the country studies that such evaluations as do occur are not systematically related to subsequent resource allocation processes. Evaluation reports, it is true, are often said to act as inputs to future decision-making, but as far as we have been able to determine their impact is at best indirect. Arguably, this is because there is a very important link in the decision-making process between *ex-ante* and *ex-post* evaluations which really should be forged more strongly. *Ex-ante* evaluations are still largely the preserve of one of the many varieties of expert consensus while *ex-post* evaluations are increasingly becoming the preserve of a cadre of professional evaluators. Unless great care is taken, this situation will set the stage for a breakdown of communication between the one and the other. Yet, *ex-ante* evaluation in the end requires the information held by the expert evaluator if the next generation of programmes is to build in a coherent way upon previous investments. This is all the more important when research is being planned over a very long time horizon and where broader considerations than purely scientific merit are involved. It would, we think, be a mistake to cultivate an ethos of evaluation where the separation of expert consensus and professional evaluations was virtually assured.

The interviews we have carried out and the data we have been able to gather in this study can only provide a snapshot of the state of art of evaluation in member countries. If one thing is indisputable, it is that evaluations of research are becoming more central in the formulation of national research policy and for this reason it will be necessary to continue to collect data on national experiences with evaluations of various kinds. There is also a need to extend the present work to consider more adequately the implications for the social sciences and the humanities of current trends in the methods and techniques for evaluation being developed. There is currently widespread concern that techniques developed out of models based on performance in the natural sciences may be extended uncritically to the social sciences and humanities as well.

It will also be important to look more closely than we have been able to at the evaluation practices of mission-oriented agencies of the Member countries. The question of the contribution that research makes to national social and economic performance is perennial in science policy and much value could be gained from a more detailed survey of methods and practices in those areas where quality of research is only one of the objectives to be obtained.

From our research we have concluded that the evaluation of research, even basic research, is often carried out independently of the institutional structures, forms of organisation and management practices that provide the infrastructure of scientific research. Since it is unlikely that excellence in science is independent of the concrete context in which it takes place or, as often seems to be said, that it depends solely on the presence or otherwise of funding, there is a good case for evaluating the structures that are supposed to deliver scientific knowledge and for the careful analysis of the effects of evaluation on subsequent research performance.

NOTES AND REFERENCES

1. Workshop on Science and Technology Indicators in the Higher Education Sector, OECD, Paris, 10-13 June 1985.
2. Report of the Workshop on the Evaluation of the Effectiveness of Government Measures for the Stimulation of Innovation, OECD, Paris, 6-7 June 1983, p. 26.

BIBLIOGRAPHY

BARBARIE, A., "Evaluating Government R&D: Beyond 'Quality of Research'", *Performance and Credibility: Developing Excellence in Public and Non-profit Organisations*, ABRAMSON, A., BELLAVITA, C., and WHOLEY, J.S. (Eds.), Lexington Books, Ottawa, pp. 109-116, 1986.

Beraterkommission für die öffentlich geförderte Grossforschung auf dem Gebiet der Biotechnologie: Bericht an das Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn, 1983.

Bericht der Beraterkommission für das Deutsche Krebsforschungszentrum/Advisory commission for the Deutsches Krebsforschungszentrum, Bonn, 1982.

Bunderministerium für Forschung und Technologie (Ed.): Die Entwicklung der Datenverarbeitung in der Bundesrepublik Deutschland – Programmbewertung der DV-Förderung des BMFT 1967 bis 1979, Bonn, 1982.

COLE, S. and COLE, J.R., "Scientific Output and Recognition: A Study in the Operation of the Reward System in Science", *American Sociological Review*, No. 32, pp. 377-390, 1967.

COLE, S., COLE, J.R. and SIMON, G.A., "Chance and Consensus in Peer Review", *Science*, No. 214, pp. 881-885, 1981.

CPE Etude No. 51, Colloque international CPE, "Méthodologies évaluatives de la recherche, vol. 2: les programmes de recherche", Centre de Prospective et d'Evaluation, Paris, 1985.

CPE Etudes 29.1 and 29.2, "L'évaluation des programmes de recherche scientifique; rapport du séminaire sur l'évaluation des programmes dans les grands organismes français de recherche", Centre de Prospective et d'Evaluation, Paris, 1983.

Deutsche Forschungsgemeinschaft (Ed.): Sonderforschungsbereiche, Grundlagen des Förderungsprogramms und Verfahrensregeln, Bonn, 1983.

DU BUISSON, C., "Experience with Auditing French Research Organisations", contribution to the Meeting of the "Six Countries Programme", Windsor (UK), November 1982.

FREEMAN, C., "Recent Developments in Science and Technology Indicators – A Review", SPRU, University of Sussex, UK, 1982.

GIBBONS, M., "Methods for the Evaluation of Research", *International Journal of Institutional Management in Higher Education*, vol. 9, No. 1, pp. 79-85, March 1985.

HEERINGEN, A. van, "Cluster-Analysis of the Publication-Output of Fundamental Research in Exact and Natural Sciences", paper presented at the OECD Workshop on Science and Technology Indicators in the Higher Education Sector, OECD, Paris, 10-13 June 1985.

IRVINE, J. and MARTIN, B.R., "What Direction for Basic Scientific Research?", *Science and Technology Policy in the 1980s and Beyond*, GIBBONS, M., GUMMETT, P. and UDGANKAR, B. M. (Eds.), Harlow, Longman, pp. 67-98, 1984.

KREILKAMP, K., "Hindsight and the Real World of Science Policy", *Science Studies*, vol. 1, No. 1, p. 43, 1971.

MACAULEY, J.B., "An Indicator of Excellence in Canadian Science", Statistics Canada, April 1985.

MARTIN, B.R. and IRVINE, J., "Output Indicators for Science Policy: An Evaluation of CERN's Past Performance: And Future Prospects", paper presented at the OECD Workshop on Science and Technology Indicators in the Higher Education Sector, OECD, Paris, 10-13 June 1985.

Max-Planck-Gesellschaft (Ed.): *Jahrbuch 1984*, Göttingen, 1984.

METCALFE, J.S. and GEORGHIOU, L.G., "An Investment Framework for Science", Report to UK Advisory Board for Research Councils, September 1985.

MEYER-KRAHMER, F., "Recent Results in Measuring Innovation Output", paper presented at the OECD Workshop on Patent and Innovation Statistics, OECD, Paris, June 1982.

Mitre Corporation, "Evaluative Study of the Materials Research Laboratory Program", MTR 7764, September 1978.

MOED, H.F., BURGER, W.J.M., FRANKFORT, J.G. and Van RAAN, A.F.J., "On the Measurement of Research Performance: The Use of Bibliometric Indicators", Research Policy Unit, Diensten OWZ/PISA, State University of Leiden, Leiden, The Netherlands, 1983.

MOED, H.F., BURGER, W.J.M., FRANKFORT, J.G. and Van RAAN, A.F.J., "The Use of Bibliometric Data for the Measurement of University Research Performance", *Research Policy*, No. 14, pp. 131-149, 1985.

MORAVCSIK, M.J., "The Assessment of Scientific Output", paper presented at the OECD Workshop on Science and Technology Indicators in the Higher Education Sector, OECD, Paris, 10-13 June 1985.

NARIN, F. and GEE, H.H., "An Analysis of Research Publications Supported by NIH 1970-1976", NIH Program Evaluation Report, US Department of Health and Human Services, December 1980.

NARIN, F., "Measuring the Research Productivity of Higher Education Institutions using Bibliometric Techniques", paper presented at the OECD Workshop on Science and Technology Indicators in the Higher Education Sector, OECD, Paris, 10-13 June 1985.

NARIN, F., *Evaluative Bibliometrics: The Use of Publication and Citation Analysis in the Evaluation of Scientific Activity*, NSF, Washington D.C., 1976.

National Science Board, *Science Indicators*, US Government Printing Office, Washington D.C.

National Science Foundation, "Fairness of the NSF Award Decision Process – Fiscal Year 1982", Evaluation Staff Study, NSF, Washington D.C., 1982.

National Science Foundation, "Fairness of the NSF Award Decision Process – Fiscal Year 1983", Evaluation Staff Study, NSF, Washington D.C., 1983.

National Science Foundation, "Study of Patents Resulting from NSF Chemistry Program", Research Corporation Invention Administration Program, NSF, Washington D.C., September 1982.

OECD Report of the Workshop on the Evaluation of the Effectiveness of Government Measures for the Stimulation of Innovation, OECD, Paris, 6-7 June 1983.

OECD Science and Technology Indicators Conference, OECD, Paris, 1980.

Office of the Comptroller General, *Evaluating Research and Experimental Development Programs*, Ottawa, (exposure draft, December 1984, final forthcoming).

Office of the Comptroller General, *Guide on the Program Evaluation Function*, Ottawa, 1981.

Office of the Comptroller General, *Principles for the Evaluation of Programs*, Ottawa, 1981.

PAVITT, K.L.R., "R&D Patenting and Innovative Activities: A Statistical Exploration", *Research Policy*, vol. 1, No. 2, pp. 33-51, 1982.

PINSKI, G. and NARIN, F., "Citation Influence for Journal Aggregates of Scientific Publications: Theory, with Application to the Literature of Physics", *Information Processing and Management*, vol. 12, No. 5, pp. 297-312, 1976.

ROTHMAN, H., "ABRC Science Policy Study: Further Studies on the Evaluation and Measurement of Scientific Research", Report for UK Economic and Social Research Council, August 1985.

SAVIOTTI, P.P. and METCALFE, J.S., "Technological Output Indicators, Product Characteristics and Industrial Performance", paper presented at the OECD Workshop on Patent and Innovation Statistics, OECD, Paris, June 1982.

SCHNEIDER, Ch., "A programme for collaborative research in universities", Europe Science Foundation, (Ed.): *Proceedings of the ESRC/NSF Symposium, "Rise and Fall of a Priority Field"*, Strasbourg, 1986.

SMALL, H., and SWEENEY, E., "Clustering the Science Citation Index Using Co-citations, I. Comparison of Methods", *Scientometrics 7* (3-6), pp. 391-409, 1985.

STACKMANN, K. and STREITER, A. (Eds.): Sonderforschungsbereiche 1969-1984. Bericht über ein Förderungsprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Weinheim, 1985.

Status und Perspektiven der Grossforschungseinrichtungen. Bericht der Bundersregierung (Bundestagsdrucksache 10/1327), Bonn, 1984.

TURNER, W., CHARTRON, G. and MICHELET, B., "Describing Scientific and Technological Problem Networks using Manually and Automatically Indexed Full Text Data Bases: Some Co-word Analysis Techniques", paper presented at the OECD Workshop on Science and Technology Indicators in the Higher Education Sector, OECD, Paris, 10-13 June 1985.

Westdeutsche Rektorenkonferenz (Ed.), Effizienz der Hochschulen. WRK-Kolloquium 1./2.10.1979, Bonn, 1980 (Dokumente zur Hochschulreform XXXVII, 1980).

WHITE, H.D. and GRIFFITH, B.C., "Author Co-citation: a Literature Measure of Intellectual Structure", *JASIS 32* (3), pp. 162-171, 1981.

Wissenschaftsrat (1981): Stellungnahmen zu geisteswissenschaftlichen Forschungseinrichtungen ausserhalb der Hochschulen, Köln, 1981.

Wissenschaftsrat (1982): Stellungnahmen zu den Wirtschaftsforchungsinstituten und zum Forschungsinstitut für Rationalisierung, Köln, 1982.

Wissenschaftsrat (1984): Stellungnahme zu erziehungswissenschaftlichen Einrichtungen ausserhalb der Hochschulen, Köln, 1984.

02-6
28

Comercio Exterior, vol. 29, núm. 12,
México, diciembre de 1979, pp. 1385-1395

La conveniencia económica de fortalecer la investigación propia en los países menos desarrollados

DILMUS D. JAMES*

Desde hace mucho, el economista profesional ha estado consciente de los efectos del cambio tecnológico. De hecho, la preocupación por las consecuencias *ex post* del progreso tecnológico se ha convertido en una rama ortodoxa de la economía. Empero, durante los últimos 15 años, los economistas han mostrado un creciente interés en los aspectos *ex ante* de la tecnología. No resulta sorprendente que se preocupen por la manera como se produce el conocimiento. Cabe sospechar que el economista se ha visto sometido a un poderoso efecto gravitacional, puesto que los gastos dedicados a investigación científica y desarrollo han mostrado una fuerte tendencia ascendente que ha resistido los cambios cíclicos del nivel general de la actividad económica. Además, el economista ha entrado "por la puerta de atrás" al campo de la producción del conocimiento gracias a los macroestudios sobre el crecimiento de autores tales como Abramovitz, Kendrick, Solow y Denison.[1] En estos estudios se ha intentado explicar el aumento de la producción como consecuencia de cambios en los insumos convencionales. La gran proporción del crecimiento (residuo) que no podía explicarse por el aumento de los insumos homogéneos se atribuyó sobre todo al progreso tecnológico. De manera natural, estas investigaciones condujeron a explorar las fuerzas que conforman el cambio tecnológico.

Si bien hay excepciones notables,[2] la mayor parte de la literatura que aborda la ciencia y la tecnología como instrumento para el desarrollo económico de los países menos desarrollados (PMD) data de fines de los sesenta, como se prueba en una bibliografía, recientemente compilada, sobre la política de ciencia y tecnología en América Latina.[3] En efecto, la gran mayoría de las casi 600 referencias corresponden a 1969. Sin embargo, la mayor parte de los estudiosos y los administradores ha centrado su atención en el examen de la transferencia tecnológica hacia el Tercer Mundo, descuidando relativamente la tecnología interna. En este trabajo se intenta complementar la escasa literatura que se ocupa de la economía relacionada con la adquisición de conocimiento mediante las actividades internas de investigación y desarrollo, emprendidas en el seno de los países del Tercer Mundo.[4]

Este estudio se ocupará de los diversos aspectos económicos que pueden aportar una guía aproximada a los PMD en su búsqueda de una combinación adecuada entre los recursos dedicados a transferir conocimiento científico-técnico desde el exterior y los asignados a la producción interna de conocimientos. La definición de tecnología interna que se utiliza en este texto es pragmática. En los dos extremos cabe poca confusión entre el conocimiento transferido y el inter-

* Profesor del Departamento de Economía y Finanzas, Universidad de Tejas, en El Paso. Este trabajo forma parte del libro *Technological Progress in Latin America: Prospects for Overcoming Dependency*, que será publicado por Westview Press, de Boulder, Colorado. Aparece en español con la autorización de esa editorial y la del autor. El título del artículo es de la redacción de *Comercio Exterior*. Traducción del inglés de Sergio Ortiz Hernán.

1. Moses Abramovitz, "Resource and Output Trends in the U.S. since 1870", en *American Economic Review*, vol. 40, núm. 2, 1956, pp. 1-23; John W. Kendrick, "Productivity Trends: Capital and Labor", en *Review of Economics and Statistics*, vol. 38, núm. 3, 1956, pp. 248-257; Robert M. Solow, "Technical Change and the Aggregate Production Function", en *Review of Economics and Statistics*, vol. 39, núm. 3, 1957, pp. 312-320; Edward Denison, *The Sources of Economic Growth in the U.S.*, Committee for Economic Development, Nueva York, 1962.

2. Naciones Unidas, *Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of Less Developed Areas*, 12 vols., ONU, Nueva York, 1963; Richard L. Meier, *Science and Economic Development: New Patterns of Living*, MIT Press, Cambridge, 1966.

3. Dilmus D. James, "Bibliografía sobre política científica y tecnológica en América Latina", en *Comercio Exterior*, vol. 28, núm. 12, México, diciembre de 1978, pp. 1477-1493.

4. Jorge A. Sabato, "The Influence of Indigenous Research and Development Efforts on the Industrialization of Developing Countries", en H.E. Hoelscher y M.C. Hawks (eds.), *Industrialization and Development*, San Francisco Press, San Francisco, 1969, pp. 178-183; Diana Crane, "An Inter-organizational Approach to the Development of Indigenous Technological Capabilities: Some Reflections on the Literature", Occasional Paper núm. 6, OCDE, CD/TI(75) 10 (mimeo.), 1974; M.M. Suri, "Local Capability and Preparedness for Appropriate Technology Transfer to Developing Countries", Documento de Trabajo del Programa Mundial de Empleo, WEP 2-22/WP. 27, Oficina Internacional del Trabajo, 1975; Dilmus D. James, Allen Jedlicka y James Street, "Issues in Indigenous Research and Development in Third World Countries", ponencia presentada en la reunión de la American Association for the Advancement of Science, celebrada en Denver, Colorado, en febrero de 1977; mismos autores, "The Relevance of Institutional Economics to Science and Technology Strategies of Latin America", ponencia presentada en la reunión de la Latin American Studies Association, celebrada en Houston, Tejas, en noviembre de 1977.

no. Cualquier conocimiento puede ser objeto de transferencia cuando las naciones ricas financian y manejan la investigación y ésta se aloja exclusivamente en los países más desarrollados (PD). En cambio, una investigación se considera interna cuando la financian y la manejan nacionales y se aloja en los PMD.

Por supuesto, en la mayor parte de los casos no es posible ajustarse a estas prístinas definiciones. La investigación básica, por ejemplo, puede adquirirse de los PD y la investigación básica, aplicada, la de desarrollo y la comercial realizarse en los PMD. Un esfuerzo de investigación puede estar parcialmente financiado y manejado por entidades foráneas de asistencia, por organizaciones internacionales, por organismos privados extranjeros no lucrativos o por empresas privadas extranjeras y combinarse con financiamiento y personal de los PMD. Así, por ejemplo, según informa Marcel Roche, 36 de 89 empleados, es decir, 40% del personal científico y técnico del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, de Caracas, era extranjero en 1960.[5] Otro estudioso encontró que, a fines del decenio de los sesenta, 17.5% del personal total dedicado a investigación en Venezuela era extranjero.[6]

Así, la expresión "más investigación interna" se refiere en realidad a una reasignación de recursos a lo largo de un amplio espectro de posibilidades que incluyen la adquisición del conocimiento en forma menos desarrollada y la realización de una mayor proporción de las etapas finales de la investigación en los PMD, así como el aumento del financiamiento y del manejo de los proyectos nacionales de investigación por esos mismos países. Sería posible establecer un acuerdo amplio respecto al grado de contenido nacional de cada una de estas dimensiones, ponderarlas según su importancia y clasificar los diversos proyectos de adquisición de conocimientos conforme a una lista que vaya de acuerdo con el índice ponderado de los insumos nacionales o internos. Es claro que no se piensa necesariamente en interrumpir la transferencia de un proyecto específico para llevarlo a cabo en los PMD. En muchos casos, hacer el cambio en favor de más investigación y desarrollo internos podría tomar la forma más sutil de un cambio en la combinación entre transferencia e investigación interna, en el seno del proyecto.

A fin de tener una perspectiva adecuada, pueden ser útiles algunos datos comparativos sobre gastos en investigación. Como menciona la Sociedad para el Desarrollo Internacional, el Club de Roma encontró que más de 90% de los tecnólogos y científicos del mundo trabaja en los países industrializados y más de 90% de sus actividades se concentra en investigación para el mundo avanzado; además, los resultados de su trabajo se convierten en conocimiento patentado.[7] Hans Singer estimó que un poco más de 3% del gasto mundial en investigación técnica y en desarrollo experimental se dedica a proyectos útiles para los PMD, en los que abunda la fuerza de trabajo.[8] Mientras que los países desarrollados gastan normalmente entre 2 y 3 por ciento de su producto nacional bruto en investigación y desarrollo,[9] la cifra correspondiente a los PMD está cerca de 0.2%.[10] En un estudio de la UNESCO, citado por Ignacy Sachs, se analizaron 25 PMD, con los siguientes resultados: el mayor gasto per cápita en investigación y desarrollo (2.80 dólares) fue el de Argentina, en tanto que el promedio de la muestra fue de 45 centavos de dólar. En comparación, los cinco países industriales occidentales más desarrollados gastaron cerca de 60 dólares per cápita.[11] En otro estudio se informa que la actividad interna de investigación en la India apenas llega a 1/8 de 1% de la producción total del país, estimándose que el gasto de investigación de la industria hindú no excede de 0.1% de sus ventas totales.[12]

En este trabajo no se examinará la idea, generalmente aceptada, de que el mayor esfuerzo del Tercer Mundo debe dirigirse sobre todo a la investigación aplicada y a la importación de conocimiento científico y técnico. Con respecto a esta última, debo insistir en que mi posición no es contraria a la transferencia *per se*. Debido a la especialización, las transferencias tecnológicas siguen las plantas de la ventaja comparativa entre todos los países, haciendo caso omiso del nivel de desarrollo. En gran número de casos, transferir conocimiento a los PMD será lo mejor. Aún más, en ciertos aspectos, mayor investigación interna estimulará un aumento complementario de la eficacia del proceso de transferencia. En este artículo, el análisis se centrará más bien en el grado de atención que dan los PMD a la investigación interna, argumentándose que los recursos dedicados en estos países a dicha investigación y al desarrollo están claramente por debajo del óptimo, tanto en términos absolutos como en relativos.

Deben mencionarse dos limitaciones del presente trabajo. Descansa, de manera muy notoria, en la literatura, los datos, los estudios de caso y las situaciones ilustrativas de América Latina. Esto puede atribuirse parcialmente a la gran cantidad de trabajo sobre la política latinoamericana de ciencia y tecnología, aunque también reflejan el campo de especialización del autor. A pesar de esta desproporcionada atención a una zona del Tercer Mundo, se pretende que las conclusiones tengan importancia para todos los países que lo integran.

Además, no se intenta hacer referencia a la infraestructura institucional necesaria para apoyar el esfuerzo de investigación interna. Este tema se aborda en el trabajo *Science and Technology Policy Implementation in Less-Developed Countries*, de Francisco Sagasti y Alberto Aráoz, que trata los

5. Marcel Roche, *Bitácora 1963*, Ediciones IVIC, Caracas, 1963, p. 188.

6. Olga Gasparini, *La investigación en Venezuela: condiciones de su desarrollo*, Publicaciones IVIC, Caracas, 1969, p. 84.

7. Society for International Development, "Rio Report Proposes Structural Changes in Global System to Help Obtain by Year 2000 a more Equitable International Social and Economic Order", en *Survey of International Developement*, vol. 8, núm. 6, 1976, p. 3.

8. Hans Singer, citado por Edwards, en Edgar O. Edwards (ed.), *Employment in Developing Countries*, Columbia University Press, Nueva York, 1974, p. 26.

9. M.M. Suri, *op. cit.*, p. 3.

10. D. Babatunde Thomas, *Capital Accumulation and Technology Transfer: A Comparative Analysis of Nigeria Manufacturing Industries*, Praeger Publishers, Nueva York, 1965, p. 43; Máximo Halty Carrére, *Situación actual para el desarrollo científico y técnico. Implicaciones al nivel de política y de estrategia*, Organización de los Estados Americanos, Washington, 1969.

11. Ignacy Sachs, "Selection of Techniques: Problems and Policies for Latin America", en *Economic Bulletin for Latin America*, CEPAL, vol. 15, núm. 1, 1970, p. 22.

12. Economic and Scientific Research Foundation, *Research and Industry: Seven Case Histories*, ESRF, Nueva Delhi, 1966, pp. 1 y 20

vínculos entre las entidades gubernamentales, el sector privado, las instituciones educativas y el ámbito internacional, así como sus interrelaciones en la formación de la política de ciencia y tecnología.[13]

EL MARCO ANALITICO

¿Qué nos dice el análisis económico respecto al volumen de conocimiento que *debería* adquirirse? Supóngase que para evaluar los "paquetes" de conocimiento se utiliza como criterio el aporte a la producción futura resultante de aplicar el conocimiento nuevo. El principio de maximización se expresa entonces así: adquirir y aplicar paquetes de conocimientos nuevos siempre que la tasa de rendimiento interna por dólar de costo sea mayor que la tasa de interés o, más precisamente en el caso de los PMD, mayor que la tasa de interés de "sombra", ajustada para medir la tasa interna de rendimiento en otros posibles proyectos de inversión, tales como los de salud pública o de otras obras de infraestructura.

Es posible calcular la tasa interna de rendimiento para cada paquete de conocimientos si se conocen o pueden estimarse razonablemente los siguientes datos: *1)* el costo de adquisición y aplicación; *2)* las probabilidades de éxito y de fracaso; *3)* la corriente futura de producción adicional si la adaptación y la aplicación resultan venturosas, y *4)* la duración del período de amortización. Tanto el conocimiento interno como el transferido pueden estar "incorporados en el capital" (incluidos en los equipos de capital), "incorporados en el hombre" (transferidos en conocimientos, capacidades y habilidades) o "desincorporados" (almacenados en algún receptáculo para su uso posterior, como en libros, manuales de capacitación, películas, cintas para computadora y publicaciones periódicas especializadas).

El cálculo de la tasa interna de rendimiento y su comparación con la tasa de interés se hacen de manera similar al procedimiento correspondiente a cualquier inversión económica. Naturalmente, existen diferencias importantes cuando se trata de adquirir conocimientos, una de las cuales (y no la menor) es la "paradoja fundamental del conocimiento"[14] de Kenneth Arrow. Cuando se compran conocimientos no es posible saber qué tanto se va a lograr, hasta que se obtiene realmente. De hecho, los propietarios de conocimiento protegido hacen grandes esfuerzos para preservar el secreto; en contraste con esa actitud, los vendedores de equipo de capital llegan a extremos opuestos al proveer información a los posibles compradores. Además, las conjeturas aumentan a medida que se retrocede, de los proyectos que están en el umbral de la explotación comercial, hacia la investigación fundamental o básica. En suma, es posible hacer estimaciones razonables acerca de la tasa interna de rendimiento de proyectos casi listos para explotación comercial, pero el cálculo de esos posibles rendimientos sociales en el caso de la investigación básica descansa en conjeturas, intuición y, algunas veces, en pura fe.

Es posible visualizar, entonces, la curva de demanda de la investigación científica y tecnológica como una línea definida y una herramienta analítica sólida cuando se está en el extremo comercial del espectro; la línea se va haciendo más nebulosa y tenue a medida que se acerca a las etapas más fundamentales de la investigación. Se transforma gradualmente en una ancha banda irregular con umbra (sombra) y penumbra, como si la hubiese pintado un artista influido por el impresionismo. Bien sea que se basen en impresiones o en análisis sólidos, las decisiones, empero, tienen que tomarse y se toman con respecto al monto de los gastos asignados a diferentes tipos de proyectos de investigación. Así, en el análisis siguiente se emplearán curvas de demanda del conocimiento útil, a modo de instrumentos heurísticos que indican de manera aproximada las decisiones económicas de que se trata.[15]

En la gráfica 1 se representa una situación simplificada, como punto de partida. En el cuadrante de la izquierda se muestra la demanda de investigación interna en el seno de los PMD; el cuadrante de la derecha representa la tecnología extranjera proveniente de los países más desarrollados. A partir del origen, en el eje horizontal se mide hacia la derecha el monto del gasto en transferencias de tecnología, y hacia la izquierda lo gastado en investigación interna. En el eje vertical se mide la tasa de interés (r) y la tasa interna de rendimiento (π) correspondiente a la adquisición y aplicación de paquetes de conocimiento.

Las curvas DD reflejan las tasas internas de rendimiento esperadas en los paquetes de conocimiento de la tecnología interna, y las curvas d d las mismas tasas pero con la tecnología que puede adquirirse mediante transferencia. En suma, reflejan las curvas de demanda del conocimiento científico y tecnológico interno y del proveniente del exterior.

Las curvas de demanda de la investigación interna tienen una pronunciada pendiente hacia abajo debido a que la tasa interna de rendimiento está influida por: *a)* condiciones de costos crecientes, y *b)* rendimientos decrecientes del conocimiento aplicado. El segmento menos inclinado de la curva dd_3, del conocimiento en los países más desarrollados, descansa en los siguientes supuestos: *a)* el conocimiento disponible en la reserva o existencias no está protegido, es decir, es libre; *b)* la demanda de conocimiento no influye en su precio, puesto que el conocimiento puede utilizarse sin disminuir su oferta; *c)* las existencias de conocimiento no son infinitas, pero en su composición no hay faltantes considerables en términos de lo que necesitan los PDM, y *d)* el conocimiento puede transferirse "tal cual está", sin necesidad de adaptarlo. En esta parte menos pendiente de la curva de demanda de tecnología transferible, el costo es constante y relativamente bajo. La pendiente descendente de este segmento más llano se debe por entero a los rendimientos

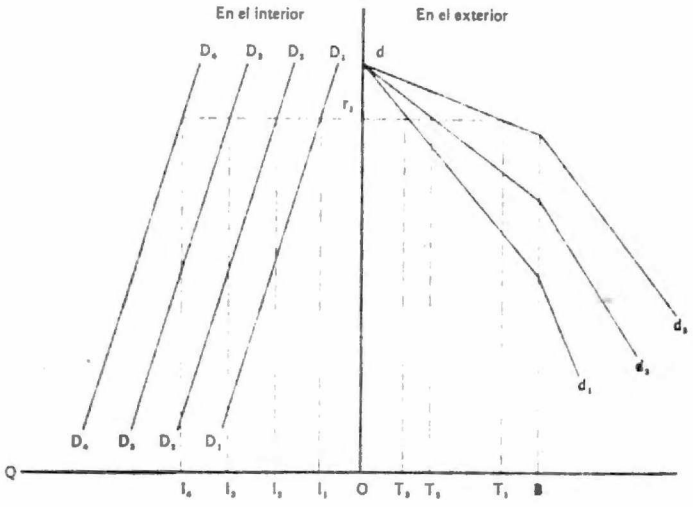
13. Francisco Sagasti y Alberto Aráoz, *Science and Technology Policy Implementation in Less Developed Countries: Methodological Guidelines for the STIP Project*, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Otawa y Ontario, 1976.

14. Kenneth Arrow, "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention", en *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, National Bureau of Economic Research, Princeton University Press, Princeton, 1962, pp. 609-626.

15. Por supuesto, la misma incertidumbre puede regir en el caso de la oferta. Un ejemplo de estimación de costos que aumentaron a una tasa explosiva y tragicómica (pero que tuvo un final feliz) se encuentra en el caso del primer radiotelescopio. Al respecto véase Bernard Lovell, *The Story of Jodrell Bank*, Harper and Row, Nueva York, 1968,

GRAFICA 1

Países menos desarrollados. Adquisición de conocimientos en el interior y en el exterior



decrecientes de la aplicación del conocimiento. Más allá de las existencias, la pendiente de las curvas de demanda cae con rapidez, en virtud del efecto adicional de los costos crecientes para producir nuevos conocimientos.

A la tasa de interés r_1, el gasto total en adquisición de conocimientos está medido por $I_1 T_1$, correspondiendo $I_1 O$ a la investigación interna y $O T_1$ a la adquisición proveniente de las existencias disponibles. Más adelante mostraremos que la verdadera curva de demanda de la investigación interna está más a la izquierda, aunque los gastos todavía serán una parte marginal del total dedicado a adquirir conocimientos. La conclusión inicial puede considerarse realista si se acepta la existencia de una reserva de conocimientos baratos, suficientes y fácilmente asimilables. Sin embargo, un examen más profundo de la realidad debe considerar tres factores: *1)* la composición de la reserva de conocimientos en relación con las necesidades de los PMD; *2)* los costos de transferir y aplicar conocimientos provenientes de los países más desarrollados, y *3)* los rendimientos de la investigación interna en los PMD. Entonces será posible abordar las consecuencias de política de estas consideraciones, igual que los amplios efectos socioeconómicos de la investigación interna en los PMD.

Insuficiencias de la reserva

Acaso la desventaja más obvia del modelo simplificado que se presentó líneas arriba resida en el hecho de que existen lagunas en los conocimientos que pueden obtenerse de los países más desarrollados. En muchos casos, las deficiencias se vinculan con características geográficas o ambientales específicas de las regiones en desarrollo. Las investigaciones de Evenson, Houck y Ruttan respecto a la transferencia de nuevas variedades de caña de azúcar ilustran lo dicho. Estos autores encontraron que la creación y el desarrollo de nuevas variedades, si han de ser compatibles con las condiciones específicas de suelo, clima, enfermedades y técnicas de cultivo de una zona geográfica concreta, deben emprenderse en su mayor parte en estaciones experimentales localizadas en las subregiones.[16] En un estudio general de la situación de México en materia de ciencia y tecnología se señalan los siguientes casos, en los que se necesita investigación localizada: producción agrícola en zonas de lluvias escasas, posibilidades de obtener productos farmacéuticos de los organismos marinos, recursos marinos en general, difusión de partículas y gases en la atmósfera, y modificaciones del clima.[17]

También es muy importante la investigación respecto a los materiales disponibles en las localidades. Las técnica s construcción basadas en esos materiales ofrecen grandes esperanzas, sobre todo si se vinculan con técnicas nuevas de edificación que amplíen las tradicionales o sean compatibles con ellas y que reduzcan costos y aumenten la ocupación.[18] También se necesitan investigaciones que disminuyan los costos de producción de las materias primas básicas y aumenten sus usos. Mahbub Ul Haq se queja de que los países occidentales realizan una investigación para obtener sustitutos sintéticos del yute, en tanto que en las mismas fuentes no hay conocimientos específicos sobre cómo aumentar la eficiencia en la producción de esa fibra.[19] Otros ejemplos son la investigación experimental sobre el uso de productos orgánicos naturales como adhesivos para madera en remplazo de los fenoles sintéticos,[20] y la investigación que rescata el uso de plantas mexicanas para producir hormonas esteroides.[21] Igualmente significativa es la obtención de combustible de alcohol a partir de la caña de azúcar y de otras plantas tropicales.[22]

La reserva tecnológica actual de los países avanzados resulta inadecuada para disminuir el desperdicio o lograr un uso productivo de los desechos en los PMD. La tecnología del biogás puede aumentar las fuentes energéticas, reduc s peligros para la salud y proporcionar más fertilizantes, simultáneamente.[23] Se estima que en los campos de la India se

16. R.E. Evenson, J.P. Houck y V.W. Ruttan, "Technical Change and Agricultural Trade: Three Examples – Sugarcane, Bananas, and Rice", en Raymond Vernon (ed.), *The Technology Factor in International Trade*, Columbia University Press, Nueva York, 1970, p. 421.

17. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), *National Indicative Plan por Science and Technology*, México, 1976, pp. 121, 126, 189 y 195.

18. Véase el trabajo de Strassmann en el libro *Technological Progress in Latin America: Prospects for Overcoming Dependency*, en prensa, en donde se encuentran varios ejemplos pertinentes.

19. Mahbub Ul Haq, "Wasted Investment in Scientific Research", en Ward Moorhouse (ed.), *Science and the Human Condition in India and Pakistan*, Rockefeller University Press, Nueva York, 1968, p. 128.

20. E. Kulvik, "Review of Past Research on Utilization of Naturally Occurring Organic Products as Replacement of Synthetic Phenolics in Wood Adhesives", ONUDI, ID/WG. 248.2, Viena, 1977.

21. Gary Gereffi, "Drug Firms and Dependency in Mexico: The Case of Steroid Hormone Industry", en *International Organizations*, vol. 32, núm. 1, invierno de 1968, pp. 237-286.

22. William Hieronymus, "Brazil Tries Mixing Alcohol from Sugar with Gasoline to Reduce its Oil Imports", en *Wall Street Journal*, Southwestern Edition, 28 de noviembre de 1977, p. 22.

23. Allen Jedlicka, "Una fuente barata de combustible para la población rural latinoamericana", en *Interciencia*, vol. 1, núm. 1, 1976, pp. 45-46.

pierden alimentos, valuados en 3 000 millones de dólares, debido a deficiencias de almacenamiento y transporte,[24] situación que pide a gritos investigación aplicada. Suri, el autor a quien se sigue en este punto, también señala que el menor contenido de vidrio y metal en la basura de las aldeas la hace más apropiada para producir biogás, en comparación con lo que ocurre con la mayor parte de los desperdicios en los países más desarrollados.[25]

Las condiciones económicas de los PMD requieren con frecuencia de tecnologías que no tienen en los países industriales las características convenientes. Es necesario dar mayor importancia a la investigación encaminada a desarrollar unidades productivas más pequeñas, más idóneas para los tamaños de los mercados de los países de bajos ingresos. En [illegible]ico se ha logrado, con algún éxito, reducir la escala del equipo químico.[26] En otros lugares se ha recomendado la instalación de una pequeña planta que produce 10 ton diarias de papel a base de desperdicios agrícolas,[27] así como la de una planta de cemento, de escala reducida.[28] También son factibles las plantas de amoniaco y urea, montadas sobre ruedas, que produzcan fertilizantes para mercados locales limitados.[29] Las condiciones socioeconómicas especiales exigen, del mismo modo, directrices de investigación diferentes. En los PMD se expresan quejas por la falta de medicamentos que combatan enfermedades parasitarias o infecciosas transmisibles,[30] y por la carencia de productos farmacéuticos adecuados a los ingresos más bajos de la mayoría de la población. Así, por ejemplo, en Brasil sólo participa en el mercado comercial de productos farmacéuticos alrededor de 30% de los habitantes.[31]

Este escaso muestrario de ejemplos dista mucho de estar completo. En fuentes tales como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), de México, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y las Naciones Unidas,[32] se citan [illegible]almente docenas de casos. ¿Cómo influye esto en nuestro modelo analítico? Inicialmente se hizo el supuesto de que la reserva de conocimientos, si bien no infinita, sí incluía una gama adecuada para los PMD. A la luz de la evidencia, es obvio que debemos abandonar dicho supuesto. El efecto será un aumento de la cantidad de proyectos de investigación interna factibles técnica y económicamente. Si suponemos que dichos proyectos tienen expectativas de rendimientos internos que van desde los muy altos hasta los muy bajos, la cantidad de proyectos vinculados con cada nivel de rendimiento aumentará, y esto se reflejará en un desplazamiento hacia fuera de la curva de la demanda de investigación interna, que pasará a D_2D_2, y por una elevación de los gastos hasta I_2 (véase la gráfica 1).

Costos de transferencia

Hasta ahora, el modelo simplificado se apoya en el supuesto de que el conocimiento está disponible en los países más desarrollados, a costos relativamente bajos y constantes. Esto sería más o menos realista en el caso del conocimiento no protegido disponible en forma de libros, publicaciones periódicas, películas, o manuales de instrucción. Si bien tales materiales no son caros, sí están sujetos a limitaciones. Algunos empresarios chilenos, por ejemplo, creen que este tipo de información resulta idónea para el entrenamiento básico de los técnicos y de los profesionales en las universidades; empero, los libros, los informes y los manuales no sustituyen a los técnicos extranjeros o a los estudios en el exterior cuando se trata de los aspectos más prácticos de la utilización de tecnologías nuevas.[33]

Aunque una parte del costo de enviar estudiantes al exterior queda sufragada por las contribuciones que hacen los gobiernos de los países receptores a la educación en general y a los estudiantes extranjeros en particular, el gasto neto en el que incurren los PMD no es despreciable. También puede resultar extremadamente caro importar técnicos. El gasto en Paquistán a principios de los setenta era de aproximadamente 40 dólares diarios y sin duda se ha elevado desde entonces.[34] Suri informa que las diferencias de salarios, los gastos de viaje y otros estipendios pagados a los consultores extranjeros en la India se elevaron de 8 a 10 veces por encima de las erogaciones correspondientes a los expertos nacionales.[35] Incluso cuando los servicios de los técnicos son gratuitos, por lo común absorben recursos del país que los recibe, en la forma de espacio de oficinas, vivienda, transporte y abastecimientos internos. Quizá lo que resulta más costoso sea que "en muchos países de menor desarrollo, los funcionarios importantes y los ministros dedican buena parte de su tiempo a informar a los 'expertos' extranjeros sobre los problemas de su país".[36] Así, en realidad, estos costos *directos* pueden ser más cuantiosos que lo que nuestro modelo simplificado supone; al respecto cabe hacer consideraciones más importantes. Existen costos *indirectos* vinculados con la transferencia de conocimiento cien-

24. M.M. Suri, *op. cit.*, p. 13.
25. *Ibid.*, p. 18.
26. José Giral Barnés, "Development of Appropriate Chemical Technology in Mexico", en *Choice and Adaptation of Technology in Developing Countries: An Overview of Major Policy Issues*, OCDE, París, 1974, pp. 182-186.
27. M.M. Suri, *op. cit.*, pp. 10-12.
28. H.D. Visvesvaraya, "Improved Packaging for Cement and Mini Cement", ONUDI, ID/WG.246/1, Viena, 1977 (mimeo.).
29. Banco Mundial, *Appropriate Technology in World Bank Activities*, Washington, 1976, p. 85.
30. ONUDI, "The Establishment of Pharmaceutical Industries in Developing Countries", Viena, 1969, p. 12 (mimeo.).
31. Carlos Osmar Bertero, *Drugs and Dependency in Brazil – An Empirical Study of Dependency Theory: The Case of the Pharmaceutical Industry*, Dissertation series, núm. 36, Universidad de Cornell, Programa de Estudios Latinoamericanos, Ithaca, Nueva York, 1975, p. 206.
32. Conacyt, *op. cit.*; ONUDI, "Cooperative Programme of Action on Appropriate Industrial Technology", ID/B/188, Viena, 1977 (mimeo.); UNESCO, *Science and Technology in Asian Development*, París, 1970, y Naciones Unidas, *World Plan of Action for the Application of Science and Technology to Development*, Nueva York, 1971.
33. Fernando Aguirre, Fernán Ibáñez y Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Hacienda Pública e Instituciones Financieras, "Arrangements for the Transfer of Operative Technology to Developing Countries: Case Study of Chili", ESA/FF/AC.2/13, Nueva York, 1971 (mimeo.).
34. Investment Advisory Center of Pakistan y Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Hacienda Pública e Instituciones Financieras, "Arrangements for the Transfer of Operative Technology to Developing Countries: Case Study of Pakistan", ESA/FF/AC.2/18, Nueva York, 1971 (mimeo.).
35. M.M. Suri, *op. cit.*, p. 15.
36. Angus Maddison, *Foreign Skills and Technical Assistance in Economic Development*, OCDE, París, 1965, p. 13.

tífico y técnico que rara vez se toman en cuenta en los cálculos de la entidad compradora.

Hay una generalización respecto a la cual existe virtual unanimidad en la literatura: prácticamente en todos los casos de transferencia debe hacerse algún tipo de adaptación. Las diferencias de altitud, las tasas de corrosión, la temperatura, el voltaje, los aranceles que gravan los repuestos, la disponibilidad de instalaciones de reparación, la disponibilidad y calidad de las materias primas, las leyes referentes a los turnos de trabajo, el grado de compromiso de los trabajadores, la amplitud de las aptitudes laborales, el tamaño del mercado, los precios de los recursos productivos y gran número de otras condiciones, harán necesario lo que algunos han llamado "adaptación creativa". Empero, con frecuencia se ignoran o se subestiman estos costos. "De hecho, siempre es necesaria la labor de adaptación, pero a menudo se subestima debido a que todo parece tan bien definido, tan fácil de comprender".[37] Como veremos, usualmente los científicos sociales toman en cuenta los costos de adaptación, aunque no lo hacen así del todo los individuos o las entidades que importan realmente el conocimiento.

Dichas adaptaciones requieren por lo común recursos, sobre todo humanos, que son extremadamente escasos en los países de menor desarrollo. Un observador señala que las adaptaciones exigen "imaginación científica y creadora de alto orden."[38] Igualmente, Nathan Rosenberg habla de algunas adaptaciones que necesitan tanto talento y tanta originalidad que los términos "transferencia" o "difusión" deberían sustituirse por la palabra "innovación".[39] Un organismo internacional ha llamado a la necesidad de adaptación una "merma o una devaluación de la tecnología".[40] Ciertamente, es alto el costo social de oportunidad de los recursos así utilizados y aumenta el costo real de transferir conocimientos a los países menos desarrollados.

Suponer que la tecnología existente en los países más desarrollados puede utilizarse efectivamente "tal cual" en los PMD es ignorar un costo adicional: el de los recursos empleados para adaptar la tecnología, más un costo residual que se refiere a la incapacidad de una adaptación perfecta. El autor no puede pensar en un mejor ejemplo que el de la situación, bien documentada, de exceso generalizado de capacidad en los sectores industriales de los PMD.[41] Sin duda, algunas de las causas radican en medidas institucionales que estimulan el uso intensivo de capital; otras son atribuibles a las imperfecciones del mecanismo de transferencia y a la falta de esfuerzos dirigidos a reducir la escala de las operaciones. Como ejemplo cabe citar un estudio nigeriano en el que se afirma que los compradores de fábricas llave en mano de ese país dan poca o ninguna importancia a la adecuación de la escala.[42] Jack Baranson aporta otro ejemplo de Nigeria, referente a un estudio de factibilidad de la industria de los plásticos. La selección de tecnología se limitó a un equipo de gran escala que necesita materias primas importadas. Baranson se queja de que no se haya considerado un equipo capaz de producir distintos plásticos para mercados pequeños y de utilizar procesos basados en insumos nacionales.[43]

Además de comprar tecnología incorporada en equipo productivo, los empresarios de los PMD sienten una gran tentación de aceptar tecnología desincorporada que se vincula con el equipo de capital en los países más desarrollados. Así, a menudo, junto con la planta vienen la promoción de ventas, la distribución, la organización de la línea de ensamble, la distribución de puestos o tareas, etc. Tales técnicas gerenciales, muy ligadas con la cultura, no siempre corresponden a las condiciones de los países menos desarrollados y pueden conducirlos a la ineficiencia. Un caso vigente a este respecto es el de la insistencia de varias empresas estadounidenses que tienen plantas en México, al amparo del programa de industrialización de la frontera, de que los capataces marquen tarjetas de entrada y salida. Esta actitud ignora las características de educación y comportamiento de los supervisores de primera línea en México, comparados con empleados similares de Estados Unidos. Muchos supervisores mexicanos son universitarios graduados y creen que forman parte de la gerencia, con capacidad de manejarse eficazmente sin controles administrativos estrechos. Como resultado, hay una pérdida de moral y la mayoría de los capataces que marcan tarjeta cumplen su turno de 8 horas, en tanto que antes llegaban más temprano y trabajaban voluntariamente una o dos horas extras.

Parece razonable suponer que cuanto mayor sea la proporción de tecnología interna que entre en la fabricación del equipo productivo básico, tanto más probable será que las técnicas de organización relativas reflejen las condiciones culturales e institucionales de los PMD.

Otro costo de transferencia asume la forma de eficiencia disminuida a medida que cada "paquete" de conocimientos se transfiere. S. Paul Strassmann concibe el mecanismo para transferir información como una red retransmisora de estaciones múltiples.[44] La información fluye en ambas direcciones y en cada estación alguna se filtra y alguna se agrega. Por falta de tiempo y por divergencia de intereses, la calidad de la información tiende a deteriorarse, a medida que fluye entre proveedores de maquinaria, consultores, publicaciones especializadas, asesores gubernamentales, etc. Dicho en términos económicos, la productividad marginal de la

37. Albert O. Hirschman, *The Strategy of Economic Development*, Yale University Press, New Haven, 1958, p. 38.

38. C.R. Powell, "Priorities in Science and Technology for Developing Countries", en Maurice Goldsmith y Alan Makay (eds.), *Science and Society*, Simon and Schuster, Nueva York, 1964, p. 82.

39. Nathan Rosemberg, "Comment (to Evenson *et al.*)", en Raymond Vernon (ed.), *The Technology Factor in international trade*, Columbia University Press, Nueva York, 1970.

40. UNESCO, *International Aspects of Technological Innovation*, París, 1971, p. 84.

41. Como un ejemplo, se ha estimado que de 30 a 40 por ciento de la capacidad industrial de México no se utiliza. Miguel S. Wionczek y División de Hacienda Pública e Instituciones Financieras, "La transferencia internacional de tecnología al nivel de empresa: el caso de México", Naciones Unidas, ESA/FF/AC.2/10, Nueva York, 1971, p. 86 (mimeo.).

42. Naciones Unidas, División de Hacienda Pública e Instituciones Financieras, "Arrangements for the Transfer of Operative Technology to Developing Countries: A Case Study of Nigeria", ESA/FF/AC.2/4, Nueva York, 1971, p. 31 (mimeo.).

43. Jack Baranson, "Economic and Social Considerations in Adapting Technologies for Developing Countries", en *Technology and Cultures*, vol. 6, núm. 1, 1963, pp. 27-28.

44. W. Paul Strassmann, *Technological Change and Economic Development: The Manufacturing Experience of Mexico and Puerto Rico*, Cornell University Press, Ithaca, Nueva York, 1968, pp. 29-31.

información disminuye aproximadamente en proporción al número de estaciones retransmisoras existentes. Debido al manejo excesivo, la información es perecedera. Es posible lograr que la tecnología interna de los PMD funcione más eficazmente mediante la reducción del número de estaciones retransmisoras y la creación de un conjunto más homogéneo de intereses, en lo que atañe a la transferencia. Quizá por esto, en un estudio de la India se subraya la necesidad de continuidad en la investigación y el desarrollo de una innovación, desde las etapas de laboratorio hasta la explotación comercial.[45] En ese estudio se sostiene que una comunicación muy estrecha puede lograrse más fácilmente en un instituto privado de investigación o en una empresa privada. Cabe pensar que el deterioro de la información a través del sistema retransmisor significa una elevación en el o de transferir conocimientos, en el sentido de que aumenta el costo de importar conocimientos *eficaces.*

Otras razones de aumento formidable de los costos del conocimiento para los PMD son las siguientes: *a)* buena parte del conocimiento está amparado por derechos de propiedad; *b)* su mercado es de vendedores. Los compradores negocian en condiciones de conocimiento incompleto, fuentes sustitutivas limitadas y con frecuencia deben obtener los nuevos conocimientos como parte de un paquete que incluye equipo de capital, otros insumos de producción, talento empresarial y pericia de mercadeo internacional. En los acuerdos de transferencia de tecnología se han plasmado a menudo estas ventajas de mercado en las siguientes formas: cláusulas restrictivas que le prohíben al adquirente exportar, acuerdos de compras atadas, disposiciones que imponen la obligación de dar a las empresas matrices todas las mejoras hechas a los productos o a los procesos en los PMD, y restricciones en el volumen de la oferta.[46] Además, los precios excesivos que se imponen a las filiales extranjeras a fin de disminuir las ganancias en los PMD influyen adversamente en la balanza de pagos, disminuyen los impuestos cobrados a las actividades relacionadas con el extranjero y desalientan la compra de i .nos producidos internamente en los países pobres.[47] Los vendedores intensifican estas ventajas diferenciando a los compradores de acuerdo con su deseo y su capacidad de pago.

Un caso muy estrechamente relacionado con los anteriores, que también puede considerarse como una laguna en la reserva de conocimientos, se refiere a las ocasiones en que las empresas de los países más desarrollados rehúsan vender conocimientos a *cualquier* precio razonable. De 1950 a 1955, el Gobierno de la India hizo contactos con prácticamente todos los fabricantes de cristales ópticos en Estados Unidos, el Reino Unido, Francia, Alemania y Japón, a fin de obtener asistencia técnica. No pudo lograr acuerdo de colaboración alguno, pese a que se ofrecieron pagos que excedían de un millón de rupias, excluyendo el costo del equipo.[48] Así, las opciones se redujeron a crear métodos propios o a depender permanentemente de las importaciones de cristales ópticos.

En suma, un examen más profundo ha permitido descubrir, además de los costos *directos* de transferir conocimientos, los costos *indirectos* que se manifiestan en forma de recursos asignados a la adaptación, incapacidad de lograr una adaptación completa, tendencia a adoptar conocimientos desincorporados "tal cual son", junto con el equipo, pérdida de eficiencia en la red internacional de transferencia de información y varios efectos monopólicos. En el modelo analítico pueden recogerse estos costos indirectos mediante dos cambios. Disminuyen las tasas internas de rendimiento correspondientes a una gama de paquetes de conocimientos disponibles en los países más desarrollados, debido a costos efectivos mayores, con lo cual la curva de la demanda de tecnología extranjera se mueve hacia abajo hasta dd_1 (gráfica 1). También ocurre que los paquetes que son factibles de importar están vinculados con diversas actividades de investigación y desarrollo adaptativos, que deben emprenderse en el ámbito interno; esto se manifiesta en un aumento de la demanda de proyectos de investigación y desarrollo en los PMD y en un traslado de la curva a D_3D_3. La cantidad gastada en investigación interna está ahora medida, en el segundo cuadrante, por el segmento OI_2, y la destinada a la transferencia por el segmento OT_2, en el cuadrante de la derecha.

Rendimientos de la investigación interna

Existen varias ventajas sociales que pueden acompañar a la investigación y el desarrollo internos y que por lo común no se toman en cuenta cuando se evalúa la factibilidad de proyectos aislados de investigación. Una de esas ventajas es reducir la "fuga de cerebros", es decir, la salida de científicos y técnicos capacitados de los PMD. La emigración de gente capacitada de los PMD es resultado no sólo de la atracción de mayores salarios, sino también de mejores oportunidades de investigación. En un estudio realizado en el Indian Institute of Technology, en Kanpur, se encontró que las personas que habían trabajado en el extranjero consideraban las mayores oportunidades de investigación como la razón principal para haber salido del país.[49] La ventaja adicional para la investigación interna se calcula mediante el valor presente descontado correspondiente a los científicos y técnicos que sean inducidos a permanecer en los PMD o a acortar sus períodos de ausencia, valor que se incluiría en la demanda interna de investigación. Puede suceder, sin embargo, que los estímulos financieros para que los científicos se queden en casa sólo comiencen a funcionar después de que se haya alcanzado un mínimo crítico de instalaciones y organizaciones de investigación en el país. También cabe señalar que si bien habrá beneficios para los PMD, eso no significa necesariamente que haya un aumento en la eficiencia mundial.

Existen pruebas convincentes de que la investigación interna y el "préstamo" tecnológico son complementarios. Las personas que han tenido experiencia en resolver un conjunto definido de problemas internos estarán en mejor posición para participar en la transferencia de conocimientos.

45. Economic and Scientific Research Foundation, *Research and Industry: Seven Case Histories.*

46. Un resumen de esas prácticas se encuentra en "The Price of Technology Transfer in Developing Countries", de Dimitri Germidis y Christine Brochet, Estudio Especial núm. 91 de la serie de Industria y Tecnología, OCDE, CD/TI757, París, 1975 (mimeo.).

47. Constantine V. Vaitsos, *Intercountry Income Distribution and Transnational Enterprises*, Clarendon Press, Londres, 1974.

48. Economic and Scientific Research Foundation, *op. cit.*, p. 52.

49. Marshal F. Merriam, "Brain Drain Study I.I.T. Kanpur", Indian Institute of Technology, Kanpur, 1969, pp. 28-29 (mimeo.).

De hecho, estarán más capacitados para hacer las preguntas correctas.[50] Además, tendrán mayor aptitud para escoger las técnicas adecuadas. "Sólo un país orientado a la investigación podrá evaluar la calidad de los conocimientos técnicos (*know how*) que han de comprarse y el precio que se pagará por ellos. La actividad interna de investigación resulta, así, esencial para el desarrollo económico, aun si no produce conocimientos técnicos de inmediato."[51] Por último, un investigador experimentado será menos propenso a dejarse intimidar por la ciencia y la tecnología modernas.[52] Un ejemplo clásico de lo que puede hacerse está dado por las "antenas" que los japoneses enviaron al exterior en busca de tecnología nueva.[53]

Asimismo, la investigación interna tiene el efecto complementario de disminuir las rentas monopólicas. Disponer de más conocimiento aumenta la habilidad de comprar en mejores condiciones, lo mismo que la capacidad interna de producir conocimientos, sobre la base de una mejor posición negociadora de los PMD. Los efectos complementarios de mejores conocimientos y costos monopólicos menores aumentan la tasa interna de rendimiento, tanto del conocimiento interno como del transferido.

Por lo común, los PMD padecen grandes déficit de balanza de pagos provocados por la adquisición de tecnología. A mediados de los sesenta, los PMD pagaron 8% del total mundial correspondiente a transferencia internacional de tecnología y sólo obtuvieron menos de 1%.[54] Según Mason y Masson, a fines del decenio de los sesenta el déficit neto de América Latina por pagos de tecnología excedió de 300 millones de dólares.[55] Hacia 1968, el costo de importar tecnología "ya equivalía a casi 40% de la deuda externa oficial de los países en desarrollo y a 60% de las inversiones directas de los países desarrollados; asimismo, fue igual a la ayuda multilateral".[56] Las excesivas prácticas de precios de transferencia en las empresas transnacionales, mencionadas arriba, aumentan de manera importante la fuga en la balanza de pagos.

No hay nada intrínsecamente indeseable acerca de un desequilibrio de pagos en cualquier sector o actividad económico aislado. Sin embargo, puesto que muchos economistas están convencidos de que el costo social real de oportunidad y de las divisas es superior al precio que pagan los PMD y puesto que muchos creen que las divisas escasas constituyen una barrera más formidable para el crecimiento que la escasez de ahorro interno;[57] cualquier progreso en disminuir el déficit que se logre como subproducto de otras metas justificables, debe considerarse como un beneficio adicional.

Cualquier reducción de la "fuga de cerebros" puede disminuir algo los gastos en divisas destinados a capacitación, aunque es posible que las personas mejor preparadas que salen al extranjero puedan eventualmente mantenerse por sí solas. La capacidad de sustituir a los expertos foráneos con los científicos y técnicos nacionales disminuirá directamente el gasto de divisas. También es posible un efecto indirecto, puesto que hay pruebas de que los expertos extranjeros suelen tener prejuicios en contra del empleo de materiales o técnicas nacionales. En un estudio reciente se han comparado las cantidades relativas de acero nacional e importado requeridas por tres proyectos elaborados en Chile y otros tres similares, elaborados en el exterior. Los proyectos chilenos necesitaban 22 000 ton de acero del país y 4 000 ton de acero importado; los proyectos elaborados en el exterior requerían 6 000 y 22 000, respectivamente.[58] En la India, los consultores del país lograron disminuir el monto de la inversión propuesta para una planta productora de tractores, de 13 millones de dólares a 8 millones y eliminaron necesidades de importación de equipo por valor de 2.5 millones de dólares.[59] Se logran ahorros más obvios de divisas en los casos en que la tecnología interna estimula las exportaciones de productos nacionales o aporta sustitutos del conocimiento patentado extranjero.

Otra fuente posible de ventajas para la investigación interna proviene de los descubrimientos e invenciones autónomos que a veces son una consecuencia inesperada de la investigación dirigida a otros fines. En la historia de la ciencia y la tecnología son muy comunes los descubrimientos accidentales o incidentales. Algunos antropólogos, sociólogos y economistas han comprendido su importancia, pero la mayoría de estos últimos se inclina a considerar esos descubrimientos inesperados como aberraciones de escasa trascendencia.[60] Creo que las invenciones y los descubrimientos autónomos son mucho más importantes que lo los economistas ortodoxos están dispuestos a admitir. Tales innovaciones producen economías externas extremadamente remuneradoras, siempre que haya un aparato suficientemente grande de investigación como para absorber los descubrimientos incidentales. Buena parte del conocimiento que se transfiere a los PMD tiene una forma "esterilizada", está ya incorporado en insumos materiales, equipo de capital o en teoría pura. Así, la mayor parte de las economías externas derivadas de los descubrimientos autónomos ya se aprovechó en el proceso original de investigación foránea.

¿Acaso la investigación interna es necesariamente redundante en vista de los descubrimientos realizados antes? La literatura está repleta de advertencias sobre lo desaconsejable que es gastar fondos preciosos en redescubrir lo que otros ya descubrieron. Por el momento hagamos a un lado la consi-

50. Constantine V. Vaitsos, "Transfer of Resources and Preservation of Monopoly Rents", Development Advisory Service, Economic Development Report núm. 168, Cambridge, Massachusetts, 1974, pp. 16-17 (mimeo.).

51. Economic and Scientific Research Foundation, *op. cit.*, p. 16.

52. Hirschman afirma que los empresarios nacionales padecen esa intimidación a causa del efecto demostración de las empresas extranjeras. Véase "Cómo y por qué desinvertir en América Latina", en *El Trimestre Económico*, vol. 37, núm. 3, México, 1970, pp. 489-514.

53. Daniel Lloyd Spencer, *Technology Gap in Perspective*, Spartan Books, Nueva York, 1970, pp. 88-89.

54. C.D.G. Oldham, C. Freeman y E. Turkcan, "Transfer of Technology to Developing Countries", Naciones Unidas, TD/28/Supp. I, Consejo sobre Comercio y Desarrollo, Ginebra, 1967 (mimeo.).

55. R. Hal Mason y Francis G. Masson, "Balance of Payments Costs and Conditions of Technology Transfer to Latin America", en *Journal of International Business*, vol. 5, núm. 1, primavera de 1974, pp. 73-85.

56. Dimitri Germidis y Christine Brochet, *op. cit.*, p. 11.

57. Hollis B. Chenery y A.M. Strout, "Foreign Assistance and Economic Development", en *American Economic Review*, vol. 56, núm. 4, 1966, pp. 679-733.

58. Fernando Aguirre, Fernán Ibáñez y Naciones Unidas, *op. cit.*, p. 93.

59. MM. Suri, *op cit.*, p. 14.

60. Véase W.F. Ogburn, *Social Change*, B.W. Hurbsch, Nueva York, 1922; C.E. Ayres, *Theory of Economic Progress*, Universidad de Carolina del Norte, Chapel Hill, 1944.

deración de que *algunos* conocimientos ya conocidos pueden salir más baratos si se descubren que si se compran, y concentrémonos en una equivocación más fundamental que está detrás de tales advertencias. Si se habla de ciencia pura, entonces la repetición de los procedimientos de laboratorio rendirá resultados idénticos o muy similares. Sin embargo, si hablamos de tecnología, existe toda probabilidad de que el producto final sea diferente. En la fase inicial de desarrollo experimental, o incluso en las etapas finales de la investigación básica, el esfuerzo de investigación está marcadamente influido por el ambiente económico. Por ejemplo, si en los países más desarrollados existen dos docenas de diseños *técnicamente* factibles y no se concretan todos, ello obedece, comúnmente, a que se han eliminado los que resultan muy caros por sus costos de trabajo. Los precios relativos de los factores ejercen una fuerte influencia selectiva en la producción de conocimiento, influencia que se extiende hasta las etapas iniciales del esfuerzo de investigación. Así, en condiciones económicas diferentes, la investigación y el desarrollo tecnológicos difícilmente conducen a productos finales idénticos y sería sorprendente encontrar muchos casos de duplicación exacta.

Una atención mayor a las investigaciones nacionales también puede producir economías *internas*. Un ejemplo se encuentra en el nivel ultra-micro de las instituciones. Muchos problemas que afectan a la investigación nacional en los países de menor desarrollo radican en la falta de estímulos o de presiones para superar la inercia en el seno de institutos de investigación que carecen del apoyo adecuado. Las bibliotecas resultan típicas por su mala organización; muy a menudo los científicos se ven sujetos a regulaciones y a controles mezquinos; se da poca atención a la rutina verdaderamente importante de conservar registros detallados de los resultados experimentales, y, lo que quizá es peor, los ascensos y los puestos administrativos con frecuencia dependen más de las habilidades políticas que de los talentos para investigar o administrar. Se necesita una tecnocracia adecuadamente motivada. Las tareas que ésta desempeña mejor, cuando menos en el micronivel, son las de cuidar los detalles que parecen útiles y las de no tolerar grandes ineficiencias. Cuando la tecnocracia idónea se hace suficientemente grande e influyente y tiene capacidad de manifestarse, no pueden sobrevivir los fraudes científicos y no se favorecen actitudes puramente burocráticas hacia el esfuerzo científico. Este proceso depende en parte de la magnitud del esfuerzo científico y tecnológico interno.

Pueden lograrse economías adicionales de escala en el seno de las instituciones y en la sociedad en general. Bath y James (véase la nota 67) distinguen cuatro umbrales críticos que son útiles desde el punto de vista conceptual, aunque difíciles de aplicar empíricamente. A medida que aumenta en términos absolutos el esfuerzo de ciencia y tecnología, se da la fertilización cruzada, se forman vínculos y se llenan omisiones o intersticios.

Por último, rara vez está la tecnología importada ligada con la producción de un artículo enteramente *nuevo* para el mercado internacional. Si los países de menor desarrollo han de tener aptitud para dedicarse a la verdadera innovación de productos, evidentemente necesitan ciencia e investigación nacionales. La posibilidad de exportar nuevos bienes de capital a otros países menos desarrollados que tengan condiciones similares o nuevos bienes de consumo a países con gustos e ingresos parecidos, aumenta esas capacidades. Yugoslavia, por ejemplo, ha podido exportar tecnología a Egipto e Indonesia para que se utilice en condiciones similares.[61] En una investigación de las Naciones Unidas se recomienda que Nigeria y otras naciones africanas utilicen tecnología desarrollada en México y la India.[62] En las condiciones actuales, los PMD usualmente están a la cola del ciclo de productos, como "recién llegados tardíos".

Al resumir este examen de las ventajas de que haya más investigación nacional, queda de relieve que hay varias ventajas posibles para la sociedad que no serían tomadas plenamente en cuenta en cada actividad o proyecto de investigación. Cuando se consideran esos beneficios sociales, aumenta la tasa interna de rendimiento social en la gama de proyectos de investigación nacional técnicamente factibles. Esto tiene como consecuencia un desplazamiento de la curva de la demanda hacia la izquierda, en el cuadrante correspondiente a los PMD, hasta D_4D_4 y una elevación, hasta OI_4, de la cantidad óptima de investigación interna (gráfica 1). De este proceso provienen dos ventajas: *a)* una transferencia más eficiente de conocimiento, y *b)* una disminución de las rentas de monopolio. Una selección mejor y costos menores vinculados con la tecnología transferida aumentan la tasa interna de rendimiento de estos paquetes de conocimientos. Así, la demanda de paquetes de conocimientos incluidos en la reserva aumenta hasta dd_2, en el cuadrante correspondiente al extranjero, y el gasto dedicado al conocimiento transferido pasa a OT_2.

RECOMENDACIONES DE POLITICA

Algunos estudiosos creen que los recursos internos de investigación y desarrollo están asignados de manera muy ineficiente y que sus resultados son muy pobres. Por ello —sostienen— sería más sensato pensar en una política que mejore el mecanismo de transferencia. Ul Haq considera los gastos destinados por Paquistán al desarrollo de la energía nuclear como un enorme error de asignación.[63] También existe acuerdo general respecto a que la investigación patrocinada por el Gobierno de la India produce resultados muy inferiores a los que debiera.

Cabe hacer dos comentarios al respecto.

Primero, hay numerosos proyectos de investigación en los PMD que han sido notablemente exitosos. El Centro de Consultoría Tecnológica de Kumasi, en Ghana, ha encontrado maneras de utilizar los desperdicios de la fabricación de la cerveza para alimentar ganado, así como de elaborar jabón con insumos locales;[64] en la India, los laboratorios dedicados a investigación de minerales metálicos y de carbón

61. Jack Baranson, *op. cit.*, p. 85.
62. Naciones Unidas, División de Hacienda Pública, *op. cit.*, sobre Nigeria, p. 85.
63. Mahbub Ul Haq, *op. cit.*, p. 128.
64. John W. Powell, *Annual Review No. 4, 1975-1976*, Technology Consultancy Centre, Universidad de Ciencia y Tecnología, Kumasi, Ghana, 1976; *idem.*, "An Intermediate Technology Rule for a University in the Third World", ponencia presentada en la reunión de la American Association for the Advancement of Science, celebrada en Denver, Colorado, en febrero de 1977.

de bajo grado han tenido éxito,[65] lo mismo que los esfuerzos para mejorar la industria del cuero en ese país. El Small Industry Extension Training Institute, en Hyderabad, ha elaborado un aditivo alimenticio de propósitos múltiples, a partir de una mezcla de pasta de cacahuate y *bengalgram*. Proquivemex, de México, está explorando los usos industriales de la flora nacional y el Instituto Mexicano para el Estudio de Plantas Medicinales investiga sobre yuca y otras plantas,[66] mientras que el Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas ha logrado una harina de maíz estabilizada. Muchas de las otras actividades de investigación mencionadas en este trabajo han demostrado también su utilidad. Tal es el caso de las referentes a la planta productora de cemento y la planta de papel, ambas de pequeña escala, al equipo químico de escala reducida, a la producción de biogás y el desarrollo de innovaciones en la construcción.

Segundo, una reacción adecuada a la posición de Ul Haq es la siguiente: ¡Mejórese sin falta el mecanismo de transferencia! Aunque en este análisis se ha intentado demostrar que es conveniente más investigación nacional, nadie pone en duda que la mayor cantidad de conocimientos se obtendrá todavía de los países más desarrollados. Los PMD pueden mejorar las condiciones de la transferencia mediante acuerdos internacionales que prohiban la imposición de condiciones atadas, y mediante compras gubernamentales de licencias y patentes, agrupamiento de patentes entre los países y realización de programas educativos en los países más desarrollados que sean más adecuados para las necesidades de los países receptores.

¿Qué medidas pueden estimular y mejorar la investigación interna? En seguida se presentan varias recomendaciones concretas:

1) Cada vez se hace más evidente la existencia de un conjunto de tecnologías adecuadas a las condiciones de los PMD; al mismo tiempo, siguen desarrollándose constantemente nuevas técnicas. Además, la factibilidad y los efectos de la adaptación de tecnología adecuada son sensibles a los precios de los factores y a los patrones de distribución del ingreso que afectan las opciones del consumidor.[67] Como requisito previo de un esfuerzo interno concertado y de gran escala para promover el desarrollo de tales tecnologías, los PMD deben reducir las imperfecciones en sus propios mercados de factores y disminuir el grado en que la distribución del ingreso favorece a unos pocos.

2) Al parecer, ciertos proyectos de investigación interna en los PMD tienen rendimientos sumamente atractivos.[68] Asimismo, algunas actividades de investigación favorecen claramente la ventaja comparativa de los PMD.[69] Según James *et al.*, las prioridades deben corresponder a: *i)* proyectos que permitan un alto rendimiento económico por unidad de costo, bien por sus méritos internos, bien por causa de elementos monopolísticos muy fuertes en el mecanismo de transferencia; *ii)* aquellos que contribuyan a lograr o a mantener una masa crítica de investigadores en una actividad particular; *iii)* los que sean suficientemente flexibles como para cambiarse a otros propósitos en caso de que se frac en el logro de los objetivos originalmente previstos, y *iv)* los que absorban, de manera importante, trabajo adicional.[70]

3) Es imperativo someter a las entidades públicas de investigación a una evaluación o, cuando sea adecuado, a una prueba empírica. Deben eliminarse las instituciones y los proyectos ineficientes, aunque las organizaciones paraestatales que tienen mucha importancia en las actividades de investigación y desarrollo en los PMD rara vez dejan de existir de manera voluntaria, cuando ya no son productivas. Así, se requiere algún mecanismo de "destrucción creativa", para utilizar la expresión de Schumpeter. En la medida en que las investigaciones se realicen con propósitos comerciales, deben someterse a la prueba del mercado. En el caso de que no sean factibles las ganancias comerciales, pero se aduzcan importantes rendimientos de tipo social, una entidad ajena debe hacer un cuidadoso estudio de los resultados, en términos de costo-beneficio. Igualmente, un cuerpo independiente de mucha competencia y que incluya a científicos distinguidos debe encargarse de evaluar los proyectos de investigación de carácter más fundamental, tanto en sus principios como en sus avances. Puede resultar sorpendente comprobar con cuánta facilidad es posible, si se dispone incentivos y presiones adecuados, arreglar intercambios de equipo entre instituciones y en el seno de cada una de ellas, hacer tareas de mantenimiento y lograr la importación de equipo de investigación libre de impuestos.

65. Economic and Scientific Research Foundation, *op. cit.*, p. 26.

66. Conacyt, *National Indicative Plan for Science and Technology*, México, 1976, p. 172.

67. En el capítulo 2 del libro *Technological Progress in Latin America: Prospects for Overcoming Dependency*, en prensa, Bath y James sostienen que la selección y adaptación de tecnología sería sensible a precios más racionales de los factores. Hay pruebas que confirman que las elasticidades de sustitución de factores están por encima o muy cerca de la unidad cuando el análisis incluye los cambios tecnológicos; al respecto véase A. Berry, "The Rate of Interest and the Demand for Labor", Center Discussion Paper No. 144, Economic Growth Center, Universidad de Yale, New Haven, 1976 (mimeo.); Jaime de Melo, "Effects of Distortions in the Factor Market: Some General Equilibrium Estimates", Discussion Paper No. 34, Agency for International Development, Washington, 1976, y René Villarreal Arrambide, *El desequilibrio externo en la industrialización de México 1929-1973*, Fondo de Cultura Económica, México, 1976. Gerard Boon, a quien cita Strassmann, estima que la elasticidad de sustitución de trabajo por capital es de 0.973 en el sector de la construcción, en tanto que el propio Strassmann, quien se refiere a la construcción en México, estima que la elasticidad de sustitución entre materiales de construcción y trabajo es de alrededor de 1.2 (véase W. Paul Strassmann, "The Substitution of Materials or Capital for Labour in Mexican Construction", en Christian G. Araud (ed.), *Studies on Employment in the Mexican Housing Industry*, OCDE, 1973, p. 308). Para Wayne Thirsk, la elasticidad de sustitución de mano de obra por capital en la agricultura colombiana es de alrededor de 1.5. Véase, de ese autor, "Factor Substitution in Colombian Agriculture", en *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 56, núm. 1, 1974, pp. 73-84. Sobre el efecto de la distribución del ingreso en la tecnología mediante la influencia en la elección de productos, véase Francis Stewart, "Choice of Technique in Developing Countries", en *Journal of Development Studies*, vol. 9, núm. 1, 1972, pp. 99-121, y los estudios de casos de C. Baron, C. Cooper *et al.*, así como el trabajo de Stewart, todos reunidos en A.S. Bhalla (ed.), *Technology and Employment in Industry*, Oficina Internacional del Trabajo, Ginebra, 1975.

68. Pruebas de esto, relacionadas con la investigación agrícola, se encuentran en Thomas Arndt, y Vernon W. Ruttan, *Resource Allocation and Productivity in National and International Agricultural Research*, Agricultural Development Council, Nueva York, 1975.

69. Yash Pal, "Science and Development in India – Some Reflections", en Eugene Rabinowitch y Víctor Rebinowitch (eds.), *Views on Science, Technology, and Development*, Pergamon Press, Oxford, 1975, p. 65.

70. Dilmus D. James, Allen Jedlika y James Street, *op. cit.*, p. 11.

4) En la mayoría de los casos, debe darse preferencia en el uso de fondos limitados de investigación a las instituciones exitosas. En general, se trata de institutos vinculados con los productos agrícolas o con las materias primas en los PMD. "Ir por la senda del éxito" tiene la ventaja de invertir en campos establecidos y reduce los riesgos de lograr rendimientos escasos. Esto no entraña, por supuesto, que no deban dedicarse algunos recursos al desarrollo de áreas de investigación no exploradas.

5) La evaluación de las instituciones de investigación debe hacerse con criterios aplicables dentro del país y también entre países. En particular, conviene tomar como modelo a las instituciones de mayor éxito. Surgen entonces muchas preguntas. Por ejemplo, ¿cómo se logra compaginar la investigación básica con la aplicada, a la luz de las bien conocidas dificultades de conseguirlo en los PMD? ¿Cuáles son los requisitos de tipo organizativo de la investigación? ¿En cuáles otros países y en qué tipo de investigación pueden aplicarse con éxito esos criterios? [71]

6) Según afirma Alexander King, los PMD deben especializarse en su propia investigación interna, a fin de lograr ventajas de escala o efectos "críticos mínimos",[72] pero puede lograrse una gran holgura si se participa selectivamente en proyectos científicos-tecnológicos internacionales. La cooperación entre los países del Tercer Mundo también aumenta la capacidad negociadora de los PMD y disminuye las ganancias monopólicas que se obtienen del conocimiento protegido.

7) A fin de disminuir la intervención política extendida y casi rutinaria en los programas de ciencia y tecnología de las naciones del Tercer Mundo, deben concertarse algunos acuerdos institucionales, muy probablemente de carácter multilateral. Argentina proporciona un ejemplo extremo de intervención frecuente. Los militares que tomaron el poder en 1966 despidieron a muchos profesores, incluyendo científicos de las universidades; los peronistas despidieron a los conservadores, después de 1973, y después de marzo de 1976 hubo una represión particularmente aguda contra los profesionales moderados y de izquierda.[73] Estas acciones alteran gravemente los experimentos científico-tecnológicos y dañan mucho la moral y el entusiasmo de los investigadores.

8) Debe emprenderse un esfuerzo sistemático y concertado para lograr una participación temprana en el ciclo de los productos. Tal como lo ha concebido Raymond Vernon, el producto típico se origina en un país industrial maduro, como resultado de la investigación y de la actividad empresarial. Ese producto madura cuando se extiende a otros países industriales y por último se estandariza cuando está en aptitud de producirse en prácticamente cualquier país. Con una mayor capacidad de predicción y con la adaptación oportuna del proceso de producción original, puede ser posible participar en una etapa más temprana del ciclo del producto, en vez de esperar a que la información estandarizada esté disponible, con una etiqueta de alto precio.

9) Debe estimularse a los PMD para que no descuiden áreas de investigación de carácter aparentemente menor y pedestre. La investigación de métodos de mantenimiento y reparación, la fabricación interna de repuestos y el diseño de máquinas herramienta de propósitos múltiples, si bien no conjuran la imagen de un laboratorio científico reluciente y moderno, son de todas maneras extremadamente importantes. El diseño de una unidad de refrigeración pequeña y barata puede disminuir la enorme cantidad de alimentos que se echan a perder en los PMD antes de llegar al mercado. Igualmente, las "ciencias suaves" deben reforzar la investigación realizada a lo largo de pautas más tradicionales, a fin de mejorar las técnicas de enseñanza, estimular el manejo conjunto de cantidades pequeñas de ahorro personal y mejorar las capacidades gerenciales de las pequeñas empresas.

Las anteriores son recomendaciones concretas, pero conviene agregar ahora una observación general. Se necesita una nueva perspectiva del proceso de desarrollo económico que coloque al avance tecnológico en el centro de la atención. El autor comparte con sus colaboradores [en otros trabajos] la idea de que el institucionalismo norteamericano, tal como fue desarrollado por Thorstein Veblen y C.E. Ayres, constituye una valiosa contrapartida de la explicación dependentista del subdesarrollo que domina en América Latina y está aumentando su popularidad en otras regiones del Tercer Mundo.[74] Los economistas institucionales comparten con los teóricos de la dependencia su insatisfacción respecto a la aplicabilidad de la economía normal a los problemas del desarrollo de los países pobres; ambos grupos creen que los economistas no pueden evitar los juicios de valor y ambos utilizan un amplio enfoque multidisciplinario. Sin embargo, el institucionalismo está menos gravado por la ideología marxista y critica las instituciones obstructivas, sean transplantadas u originales. Insiste en la importancia de los adelantos permanentes, en un amplio frente inmerso en un *continuum* de metas y valores en evolución; así no hay necesidad de esperar la desvinculación con respecto a los países más ricos (por la que abogan algunos dependentistas extremos) para que se puedan emprender acciones positivas. A mayor abundamiento, el institucionalismo se centra en el avance tecnológico considerado como una fuerza potencialmente autónoma, con ímpetu propio, y que puede ser el motor del proceso de desarrollo. Los científicos sociales y los administradores del Tercer Mundo, interesados en la política de ciencia y tecnología, pueden beneficiarse gracias a los conocimientos profundos que aporta la perspectiva institucionalista al considerar la larga marcha del progreso tecnológico. □

71. Un ejemplo de dichos estudios es el realizado por Diógenes Hill *et al.* sobre el desarrollo de tecnología colombiana para producir proteína vegetal texturizada, que fue encabezado por la Institución de Investigación Tecnológica. Véase "Análisis preliminar de un fenómeno de innovación tecnológica de interés para el país: introducción de las proteínas vegetales texturizadas en el mercado nacional", en *Colciencias*, Bogotá, 1976.

72. Alexander King, "Science International", en Maurice Goldsmith y Alan Mckay (eds.), *Science and Society*, Simon and Schuster, Nueva York, 1964, p. 117.

73. Estas ideas están más desarrolladas en James H. Street, "Political Intervention in Scientific and Technological Activity in Latin America: An Unorthodox Proposal for reducing the Harmful Effects", ponencia presentada en la reunión de la American Association for the Advancement of Science, celebrada en Houston, Tejas, en enero de 1979; Nicolás Wade, "Repression in Argentina: Scientists Caught Up in the Tide of Terror", en *Science*, vol. 194, núm. 4272, 24 de diciembre de 1976, pp. 1397-1399; *idem*, "Physics in Argentina", en *Science*, vol. 196, núm. 4296, 17 de junio de 1977, p. 1302.

74. Dilmus D. James, Allen Jedlika y James Street, "The Relevance of Institutional Economics to Science and Technology Strategies of Latin America".

Desarrollo de las ciencias y desarrollo social:

Una problematización

GABRIEL GYARMATI
Instituto de Sociología, Pontificia Universidad Católica de Chile

"Todo conocimiento y toda actividad científica conducente a aumentarlo son intrínsecamente buenos". "Todo lo que puede hacerse para aumentar el conocimiento científico debe hacerse". "La ciencia tiene su propia dinámica interna, autónoma, independiente del ordenamiento económico, social y político de la sociedad en la cual se inserta". Cuando una comunidad acoge éstos como postulados básicos del quehacer científico, entonces la ciencia se convierte en ideología.

El profesor Gyarmati pone en tela de juicio postulados de esta índole en cuanto, a más de hacer de la Ciencia una ideología, hacen que el estamento científico olvide la dimensión política de su actividad e indirectamente legitime determinadas estructuras de dominación, tanto a escala nacional como internacional. Con ello quiere resaltar la dependencia científica y tecnológica con sus consecuencias ideológicas y políticas en los países no industrializados. Efectivamente, según el autor, "la ciencia grande", es decir, la ciencia como institución social, ha quedado integrada a las estructuras económicas y político-militares de los países industrializados, sobre la base de una retroalimentación planificada.

A partir de estos planteamientos, el artículo reitera la crítica a la supuesta neutralidad de la ciencia y a la manera "inocente" de hacer ciencia, dado que "su uso para legitimizar las estructuras de poder, es netamente ideológico".

En el presente trabajo me limitaré sólo al examen de las ciencias naturales. Lo hago así porque, a mi juicio, las ciencias naturales y las sociales exigen dos distintos tipos de esquemas de análisis. Estudiarlas como si constituyeran una sola unidad conceptual puede conducir a confusión.

Las interpretaciones convencionales de la relación entre el quehacer científico y el progreso económico y social, especialmente en el caso de los países poco desarrollados, me parecen truncas y, a veces, incluso erradas. Esto es particularmente peligroso cuando se trata de identificar nuevas opciones para el desarrollo futuro. Creo que una interpretación más adecuada requiere un enfoque distinto o, a lo menos, complementario al que comúnmente se emplea. Llamaré este enfoque, en forma tentativa, "la ciencia como proceso político".

Hasta hace unas pocas décadas, la conexión causal entre el desarrollo de las ciencias en un país, y el desarrollo económico, social y cultural, constituía un verdadero artículo de fe entre los científicos. Y como suele ocurrir con los artículos de fe, había reluctancia para examinar qué parte de ellos corresponde a la realidad objetiva y qué parte era simplemente ideología. Se suponía que mientras más ciencia se hace, más intenso va a ser el desarrollo y viceversa.

Pero este postulado empezó a cuestionarse últimamente, tanto en Europa Occidental como en los Estados Unidos. La confianza del público en la ciencia empezó a declinar y el supuesto de que el desarrollo científico-tecnológico es inherentemente beneficioso para la humanidad, ya no se acepta en forma automática.

La razón de este cambio es que surgió una contradicción entre la racionalidad científica y la racionalidad social. Mientras la ciencia, y la tecnología derivada de ella, se hacen cada vez más autónomas y poderosas, los hombres sienten que ellos mismos llegan a ser menos poderosos, menos dueños de su propio destino, precisamente debido al avance científico-tecnológico. La ciencia es la materialización de un concepto de la naturaleza como objeto para la manipulación y control. Augusto Comte lo expresó claramente al decir: "saber para prever, y prever para poder". La palabra clave es el poder. Esto inevitablemente conduce a una visión

similar de la sociedad y del hombre mismo; se les percibe como objetos de dominación y de control.

La tarea que emprenderé en este trabajo consiste en analizar la relación ambigua entre las dos racionalidades, la científica y la social, y las consecuencias de esta relación para el desarrollo de nuestras sociedades y para el quehacer científico que se realiza en el seno de ellas. Enfocaré, primero, los problemas intrínsecos de la ciencia, planteados en forma general; enseguida, analizaré los problemas específicos de la práctica científica en los países subdesarrollados.

1. Problemas generales del desarrollo científico

Cuando se estudia la ciencia, la discusión generalmente se centra en sus aspectos epistemológicos y metodológicos, es decir, en el modelo abstracto de conocer la realidad y de verificar la validez de los conocimientos para evitar errores inducidos por apariencias, juicios de valor, tradición, etc. Pero la ciencia no es simplemente una idea o un modelo abstracto. Es también una institución social, con su organización, su ideología, un sistema de enseñanza especial para preparar la gente que la va a practicar. Todo ello implica métodos de financiamiento, con múltiples e intrincadas relaciones con las otras instituciones económicas, políticas y culturales de la sociedad. Confundir el modelo abstracto de la ciencia con su institucionalización dentro de las sociedades concretas es, como trataré de demostrarlo, convertir la ciencia en una ideología, con graves efectos políticos y sociales.

¿Cuáles son las características principales de la ciencia como ideología? Son las siguientes:

a) Todo conocimiento y toda actividad científica conducente a aumentar el conocimiento, es bueno per se.

b) Como consecuencia de lo anterior, todo lo que en materia de aumentar el conocimiento científico *puede* hacerse *debe* hacerse, porque a la larga todo avance de la ciencia resultará en beneficio de la humanidad entera.

Vale la pena mencionar que este pensamiento refleja el origen histórico de la ciencia moderna que, con algunas variaciones, coincide con el desarrollo del capitalismo. Comparte con él la ideología de la "mano invisible", formulada por Adam Smith, según la cual cada individuo, buscando independientemente su interés privado en el mercado, a la larga contribuye al bien común, aún sin quererlo. El surgimiento del capitalismo corporativo, a mediados del siglo pasado, hizo que esta ideología gradualmente se haya abandonado. Surgieron las teorías económicas de la competencia imperfecta o monopolística, del mercado administrado, etc. Pero muchos cientistas, especialmente en los países subdesarrollados, siguen basándose en este concepto de la mano invisible, en cuanto a su aplicación al quehacer científico.

c) La ciencia tiene su propia dinámica interna, autónoma, independiente del ordenamiento económico, social y político de la sociedad en que ella esté inserta. Dicha dinámica es igual para todo tipo de trabajo científico, no importa si éste se realizaba en el siglo XVII o en la segunda parte del siglo XX, en un país super-industrializado o en uno subdesarrollado.

El primero de las premisas, con relación al beneficio inherente al conocimiento correcto, probablemente tenga validez universal. Pero es un planteamiento sumamente abstracto y a-histórico. Para que adquiera un contenido concreto, es preciso analizarlo junto con las otras dos premisas. Estas, a juicio mío, están históricamente condicionadas. Dependen de la organización social, política y económica de la sociedad en que la ciencia, como institución, está inserta. Si bien el ordenamiento social no afecta los principios abstractos de la ciencia como idea, sí afecta profundamente al *quehacer* científico que se desarrolla en épocas y lugares históricamente concretos. Si estas dos premisas podían tener alguna validez antes de la segunda Guerra Mundial, después de ella dejaron de tenerla. La razón es que durante la segunda parte del siglo XX la naturaleza de la ciencia y las relaciones entre ella y la sociedad han cambiado profundamente. Estos cambios son el resultado del surgimiento de la "ciencia grande".

Tradicionalmente, desde sus albores en el siglo XVII, la ciencia empírica era una actividad realizada por individuos casi aislados, o por grupos relativamente pequeños en el seno de alguna institución académica. El motor de esta actividad era la curiosidad intelectual. Sin duda, también se esperaba contribuir con ella al bienestar de la humanidad, gracias al efecto emancipador del conocimiento. Incluso cuando los avances científicos encontraban aplicación tecnológica, la investigación no se hacía con miras a su utilidad comercial. Esta se consideraba como una consecuencia accidental, o sub-producto de ella. Así, la ciencia como institución formaba un enclave dentro de la sociedad. Esta última contribuia muy poco al desarrollo organizado de las ciencias, excepto por medio de algún pequeño subsidio o a través del financiamiento de la enseñanza superior.

A partir de la segunda Guerra Mundial esta manera, diríamos "inocente", de hacer ciencia, cedió lugar a la incorporación directa de las ciencias a las estructuras militar y económica de los países industrializados. Se hizo parte integral de dichas estructuras. El desarrollo industrial entró en una relación de *retroalimentación planificada* con el quehacer científico. La ciencia, la tecnología y su aplicación industrial se fusionaron en un solo sistema. Este sistema, a su vez, se conectó estrechamente con el estamento militar, formando lo que el Presidente Eisenhower, en su discurso de despedida en 1960, denominó el "complejo militar-industrial".

Según la UNESCO, más del 38% de todos los científicos del mundo están trabajando en proyectos relacionados con las fuerzas armadas. El financiamiento y organización del desarrollo de la fuerza nuclear, de la cibernética, la exploración del espacio, la computación, y tantos otros, son demasiado conocidos para tener que analizarlos acá.

Aquella parte de la gran ciencia que no está integrada a la esfera militar, es parte del sistema productivo. Un caso clásico es la ingeniería biológica, dedicada a la transformación y creación de nuevos tipos de organismos vivos. Esta rama de las ciencias está organizada y financiada casi en su totalidad por las grandes corporaciones las que, lo primero que hacen cuando se logra algún avance, es

patentar los resultados para explotarlos con fines de lucro. Hay billones de dólares implicados en este nuevo complejo científico-industrial.

No analizaré, por el momento, si este nuevo fenómeno es beneficioso o contraproducente para el bienestar de la sociedad. Lo que deseo subrayar es que actualmente la ciencia, por lo menos aquellas ramas de ella que están experimentando los avances de mayor significación, están inseparablemente integradas a las estructuras económicas y político-militar de las sociedades industrializadas. Este hecho es independiente de la posición o los sentimientos del científico individual, quien puede seguir siendo motivado por su mera curiosidad intelectual. Pero el tipo de trabajo que va a realizar depende, en gran medida, de la institución en que él desarrolle sus actividades y las instituciones, quiéranlo o no, promueven aquellas áreas del saber en que el financiamiento es más abundante. Y éstas áreas corresponden a los intereses industriales y político-militares. Se establece así, en forma independiente de la motivación del cientista individual, la retroalimentación planificada en que la ciencia, la economía y la política forman un solo sistema integrado.

Es significativo anotar que uno de los últimos avances científicos de importancia que se ha realizado en forma relativamente artesanal, en forma independiente de la ciencia grande, era la investigación realizada por Bárbara McClintock, galardonada con el Premio Nobel de Medicina en 1983, en el área de la genética. Pero este trabajo fue desarrollado en los años treinta y cuarenta, y sus resultados finales publicados en 1951, hace más de treinta años.

El hecho de que la ciencia quedó incorporada a las estructuras económica y político-militar, ha cambiado la naturaleza de ella como institución y como quehacer. Seguiré, por el momento, analizando la situación de los países altamente industrializados porque ella, como lo mostraré, influye poderosamente en la organización y las actividades científicas en los países poco desarrollados. Desde luego, ha desaparecido en gran medida la naturaleza autónoma del progreso científico, siguiendo su supuesta dinámica interna. Ahora, el desarrollo científico se planifica a través de la asignación de fondos cada vez más gigantescos, de acuerdo con intereses y objetivos externos a la ciencia misma. Este hecho invalida la pretensión de que la ciencia es autónoma e independiente de las otras instituciones sociales. En este nuevo contexto de las estructuras integradas, ya no se puede separar el quehacer científico propiamente tal del uso que eventualmente se dará a los resultados de él, ya que las investigaciones se realizan dentro de un esquema planificado con el objeto de alcanzar determinadas finalidades preestablecidas. Esto nos obliga a analizar la *legitimidad* de la ciencia a la luz de sus relaciones directas con las estructuras de poder de la sociedad en que se establecen dichas finalidades. Ello envuelve importantes problemas éticos y políticos.

Los sectores que detentan el poder político y económico (tanto en los países capitalistas como en los socialistas) insisten en la aparente falta de poder de la sociedad sobre los "imperativos científicos y tecnológicos". Hacen aparecer a la sociedad gobernada por leyes y principios generales más allá de la voluntad de las personas. Hablan de la "dinámica interna de la ciencia" y de la "lógica interna de la tecnología" que constituirían "imperativos históricos", frente a los cuales la sociedad no tiene otro remedio que tratar de adaptarse lo mejor posible. De esta forma se absuelve a la ciencia de toda responsabilidad moral por los efectos que ella pudiera producir en la sociedad; a su vez, en forma circular, se usa la ciencia para legitimizar el dominio y el proyecto económico y político de las élites de poder, ya que ellas simplemente obedecerían a los imperativos históricos determinados por el avance científico y tecnológico.

Este uso de la ciencia y de la tecnología para legitimizar las estructuras de poder, es netamente ideológico. Las cosas no se hacen por sí solas. ¿Quiénes decidieron si la comunidad quiso invertir su dinero y el conocimiento acumulado por generaciones de científicos y profesionales, en aviones supersónicos, en trasplantes de corazón, en ingeniería biológica, en viajes a la luna, en bombas atómicas, o en encontrar los medios para paliar la desnutrición y el hambre de una proporción creciente de la humanidad? Estas decisiones no las tomaron las "tendencias históricas", ni los imperativos de la ciencia, y mucho menos la comunidad que no ha sido consultada. Las tomaron quienes dominan la economía y la estructura político-militar de los países altamente industrializados, en combinación con el estamento científico.

No faltaban las voces que llamaban la atención a los peligros potenciales y presentes que significan estas estrechas relaciones entre la ciencia y las estructuras de dominación. Científicos eminentes, como Albert Einstein, Niels Bohr, Linus Pauling, Robert Oppenheimer, Andrei Sakharov, y tantos otros, insistieron en que el hombre de ciencia debe oponerse activamente al uso irracional de sus trabajos por parte de los sectores que detentan el poder. Pero estas exhortaciones casi siempre se hicieron al científico como ciudadano, instándolo a asumir sus responsabilidades políticas individuales tal como deben hacerlo todos los miembros de la sociedad. Lo único que lo diferenciaba era la mayor profundidad de sus conocimientos que daba más peso a su voz. Pero este enfoque experimentó un cambio de profunda importancia con un planteamiento reciente del Papa Juan Pablo II. Lo cito no sólo porque refleja la posición de una de las grandes religiones, con considerable influencia política, sino porque expresa un enfoque ético-social que está ganando creciente influencia en el mundo.

En numerosas oportunidades el Papa se ha referido a los riesgos que entraña la ciencia grande. Alertó sobre "las manipulaciones tendientes a modificar el patrimonio genético", que pueden dar origen a "experimentos aventurados tendientes a fomentar superhombres", o a la creación de seres híbridos subhumanos que podrían ser explotados como esclavos. Igualmente, condenó la aplicación de los avances de la ciencia a la industria de armamentos, con el peligro creciente de la destrucción de la humanidad. Llamó a los científicos a abandonar "los laboratorios de la muerte", donde se investigan los medios de destrucción para dedicarse a trabajos en beneficio de la vida.

En estas declaraciones el Papa comparte la posición de los científicos a quienes acabo de referirme. No hay todavía un planteamiento nuevo. La solución de abandonar los "labo-

ratorios de la muerte" tampoco parece ser muy práctica. Mientras la exhortación esté dirigida al científico individual, es difícil suponer que la situación imperante vaya a cambiar mucho. Algunos seguirán el llamado del Papa, pero muchos otros, tal vez la mayoría, seguramente no, atraída por el hecho de que hoy en día hacer ciencia significativa requiere, casi inevitablemente, incorporarse en la ciencia grande, al servicio de los intereses financieros y políticos.

El cambio radical se produjo en el discurso pronunciado por el Papa el 22 de diciembre de 1980, ante un grupo de científicos ganadores del Premio Nobel, a quienes recibió en audiencia especial. En él planteó "la crisis de *legitimidad de la ciencia*", debido a la aplicación distorsionada de sus adelantos que amenazan "cada vez más gravemente" a la humanidad. *Se ha redefinido así la naturaleza del problema*. Un asunto de responsabilidad individual del cientista se ha convertido en una cuestión de legitimidad de la ciencia como institución. Con el arribo de la ciencia grande, se abolió la separación entre el quehacer científico propiamente tal y la responsabilidad por sus consecuencias sociales y políticas debido a la retroalimentación planeada que ya se mencionó.

¿Cuál es la naturaleza de esta responsabilidad? Promover un tipo de sociedad en que la búsqueda del conocimiento y su difusión puedan florecer, es una obligación moral que la comunidad científica siempre ha tenido, a pesar de que, en más de una oportunidad, los científicos, atraídos por lujosos laboratorios, estatus social y los abundantes recursos que se ponían *a su* disposición, se han olvidado de este deber. Pero el rol dominante que ha adquirido la ciencia grande en el mundo contemporáneo ha introducido formas adicionales de responsabilidad. Ya no basta con asegurar que se pueda hacer ciencia. Para que ella sea legítima como institución es preciso que el quehacer científico se oriente hacia la racionalidad social, en beneficio de las grandes masas de la humanidad, y que se impida su uso para fines destructivos o para afianzar el dominio de unas pequeñas minorías sobre la población general, en su propio beneficio económico, de estatus y de poder.

Durante siglos el estamento científico se ha regido por la ideología de la responsabilidad dividida. Uno podía decir: "Yo hago ciencia de acuerdo con mis mejores conocimientos. Su aplicación no es, ni debe ser, asunto mío. Yo haga mi trabajo y después de mí, el diluvio". Fue la época de la inocencia de la institución científica. Esa época ha tocado su fin. El quehacer científico, al incorporarse en las estructuras de poder, ha cambiado su naturaleza social y con ello entramos en un nuevo período histórico: el de la responsabilidad política de la ciencia.

La característica esencial de este planteamiento, y que lo distingue de las posiciones anteriores, es que las responsabilidades políticas surgen *del hecho de hacer ciencia*, y no de los otros roles y obligaciones sociales que los científicos comparten con todos los demás ciudadanos. Siguiendo lo expresado por Juan Pablo II, sostengo que asumir la responsabilidad política es parte inherente del quehacer científico. La subdivisión del ser humano en compartimientos estancos: el científico, el ciudadano, el intelectual, el ente familiar, etc., aislando entre sí las correspondientes esferas de responsabilidad, reflejan una ideología que podía tener validez cuando era posible pensar que toda actividad científica a la larga redundará en beneficio de la humanidad. Con el advenimiento de la ciencia grande, incorporada a la estructura de dominación económica y político-militar, esta ideología perdió su validez. Insistir en ella puede conducir a un mundo de pesadillas o incluso a su destrucción total.

2. Ciencia y subdesarrollo

A continuación quisiera hacer algunas reflexiones respecto a lo que significa la existencia de la ciencia grande para el quehacer científico en los países poco desarrollados. En ellos también se plantea el dilema ético de trabajar en lo que el Papa llamó "los laboratorios de la muerte", desviando los escasísimos recursos hacia instrumentos de destrucción. Sabemos que existe el peligro real en más de un país iberoamericano de tratar de fabricar armas atómicas. Pero el problema de fondo es distinto. Mientras en los países industrializados la legitimidad de la ciencia se ve amenazada por su integración a las estructuras económicas y político-militares, en los países poco desarrollados ocurre lo opuesto. Investigación tecnológica sería, correspondiente al "R. and D." (Research and Development) en los países industriales, para transformar los avances científicos en adelantos tecnológicos, prácticamente no existe. En general, las empresas importan la tecnología que necesitan, sea en forma de maquinarias, de procesos patentados, o de plantas industriales enteras. Luego, la investigación científica queda aislada, desvinculada del sistema productivo nacional. Y no sólo de él. Debido a la pobreza y la dramática ineficiencia de nuestro sistema educativo, la ciencia tampoco está integrada a la cultura nacional. Es el bien privado de una pequeña élite.

Este hecho conduce a un círculo vicioso. Citaré un párrafo de un artículo escrito por uno de nuestros más eminentes biólogos, el doctor Héctor Croxatto: "Descontando algunas excepciones, en nuestras instituciones académicas se realizan investigaciones sin ninguna conexión con necesidades que pueden ser apremiantes en la solución de algunos problemas vinculados al desarrollo (...). La investigación básica, devidida en pequeños departamentos, muchas veces con una masa humana subcrítica, ha tenido su mirada puesta hacia afuera, en los problemas básicos muy atractivos que eran de primario interés en los centros extranjeros donde el investigador se capacitó o se formó. No mira hacia adentro, es decir, hacia las necesidades de su propio país. Esto no resulta fácil, porque si tomara la iniciativa de investigarlas, no encontraría la infraestructura mínima, ni su esfuerzo estaría inserto en un plan que ofreciera apoyo".

Yo agregaría que no sólo tendría dificultades para encontrar apoyo, sino también perdería su estatus como científico de primera clase. Es corriente en Iberoamérica, incluyendo Chile, evaluar la calidad del trabajo de un científico por el número de sus publicaciones en revistas de circulación internacional. Tales revistas se publican casi exclusivamente en unos pocos países altamente industrializados, y los trabajos que ellas aceptan son los que reflejan los intereses del estamento científico de dichos países. Tales intereses generalmente están relacionados con la ciencia gran-

de, que en los países poco desarrollados prácticamente no existe. Pero como el científico será evaluado de acuerdo con este criterio de publicación, tenderá a integrar su propia investigación, aunque sea en forma muy marginal y atomizada, al sistema científico del mundo desarrollado, alienándose de su propia realidad cultural y económica. Siendo esto así podríamos afirmar, sin mucha exageración, que una proporción importante del quehacer científico de los países subdesarrollados sirve para *subvencionar* al sistema científico y, a través de él, las estructuras económicas y político-militares, de los países altamente industrializados. Esta subvención se hace a través de la mano de obra barata, (ya que el sueldo de nuestros científicos es más bajo que en los países avanzados), y a menudo también en forma directa, a través de los recursos nacionales que nuestros gobiernos y universidades entregan para apoyar la investigación científica.

El criterio de evaluación aludido es, en cierta manera, lógico y valioso: promueve la realización de trabajos de buen nivel. Pero, al mismo tiempo, intensifica la desvinculación del quehacer científico de las necesidades del país de origen.

Otro peligro que encierra esta desvinculación es que se crea un sector social subvencionado al que el resto de la población entrega recursos para que pueda desempeñar una actividad que, en último análisis, tiene muy escasos efectos para el desarrollo económico, social y cultural del país. Sabemos que, por ejemplo, la música también se subvenciona. Pero ella llega a la masa de la población. En cambio, la ciencia, en cuanto no esté incorporada a las necesidades nacionales, no pasa de ser, tal como lo señalara, la propiedad de la misma pequeña élite que recibe la subvención para realizarla.

Esta posición ambigua dentro de la sociedad puede distorsionar el proyecto científico. La situación presente y el porvenir de un individuo o de un sector social depende de su poder económico, de su prestigio o estatus, y de su poder político. Los científicos, en general, carecen de poder político y económico. Luego, para asegurar su subvención, compiten por el estatus. Y la mejor manera de asegurar este estatus consiste, tal como lo acabo de señalar, en integrarse, aunque sea en forma muy marginal, al sistema científico en los países industrializados. La razón detrás de muchas investigaciones (y de los equipos costosísimos que se adquieren para su realización), se entiende mucho mejor si las examinamos desde el punto de vista de la competencia por el estatus que desde el ángulo de las necesidades del país en que ellas se realizan.

No cabe duda de que el cuadro que acabo de pintar cubre *sólo* los aspectos negativos del quehacer científico en los países poco desarrollados, realizado a la sombra de la ciencia grande. Concluir de ahí que en esos países se deben disminuir o abandonar las actividades científicas, o limitarlas sólo a algunas áreas de aplicación inmediata, sería caer en el error más dramático del anti-intelectualismo destructivo. *Significaría la muerte de toda esperanza de llegar a ser algún día una sociedad realmente emancipada cultural, política y económicamente.* Hay muchas áreas en que un desarrollo científico de alto nivel es posible e incluso indispensable. No es éste el lugar para analizar los campos específicos y la organización necesaria para lograrlo. Lo que propongo es la necesidad de reestudiar y redefinir lo que significa el quehacer científico en los países poco desarrollados, dentro del contexto de la ciencia grande centrada en unos pocos países altamente industrializados, organizada y dirigida de acuerdo con los intereses y objetivos de estos últimos. Se argumenta que la ciencia no es "dependiente", sino *inter*dependiente. Eso es cierto. Igual que dentro del sistema ecológico de la naturaleza, todos son interdependientes. Es precisamente por eso que el pez grande se come al más chico.

El objetivo de un desarrollo científico no alienado es, por definición, integrarse a la dinámica social, cultural y económica de su propio país. Al respecto citaré otro capítulo del trabajo ya mencionado del Dr. Croxatto. Dice así: "Debido tal vez a la corta tradición que tiene la ciencia en nuestros países, la intervención de las actividades científicas en las esferas de decisiones políticas es muy escasa; de hecho, su opinión es raramente consultada. En cambio, en los países de gran desarrollo, cuerpos especializados (...) con experiencia en diversas disciplinas del saber actúan con gran gravitación en altas esferas del gobierno. Si bien el nivel científico no es lo único en la escala de valores para juzgar a una nación, podemos repetir: sin cultura científica no hay progreso tecnológico y sin tecnología avanzada no hay desarollo posible. Ha llegado a ser así la planificación científica un factor substancial para un despegue que eleve la condición social y que es parte integrante de un conjunto de sistemas, cuya coherencia está destinada a equilibrar las necesidades de la nación en diversos dominios dependientes, desde el mercado del trabajo hasta la satisfacción de las más altas aspiraciones intelectuales".

Sería difícil no estar de acuerdo con este planteamiento del doctor Croxatto. Pero influir en las altas esferas donde se toman las decisiones respecto a las políticas de desarrollo significa *asumir una posición política*, con las responsabilidades inherentes a ella. Puede haber un desarrollo económico basado en los avances de la ciencia que conduzca al enriquecimiento de un sector reducido de la sociedad y a la concentración del poder económico en las manos de una pequeña élite, entregando sólo beneficios marginales a la gran masa de la población. Pueden lograrse grandes avances tecnológicos, basados en la investigación científica, pero los que, sin el desarrollo social y cultural correspondientes, pueden conducir al totalitarismo más represivo que se haya conocido. Puede usarse la ciencia y el crecimiento económico para convertir un país en una verdadera colonia de alguna de las superpotencias, o para orientarlas hacia una verdadera emancipación.

La ciencia en sí, como conocimiento puro, no determina ninguna de estas opciones. Pero los científicos, *cuando hablan en su calidad de tal*, para intervenir, en las palabras del doctor Croxatto, "en la esfera de decisiones políticas", inevitablemente asumen, ya sea en forma implícita o expresa, una posición política en cuanto al tipo de desarrollo que su actividad va a promover. Luego, en una escala menor, se repite el mismo problema de legitimidad que afecta a la ciencia grande en los países industrializados.

Concluiré con un resumen de la tesis planteada en esta exposición.

1. La ciencia grande, que tomó cuerpo básicamente a partir de la segunda Guerra Mundial, cambió no sólo las dimensiones del quehacer científico, sino también su naturaleza. La ciencia, como institución social, quedó integrada a las estructuras económicas y político-militares de los países industrializados, sobre la base de la retro-alimentación planificada.

2. Como resultado de lo anterior, la racionalidad de la ciencia asumió las características de una ideología, legitimizando determinadas estructuras de dominación, tanto a nivel nacional como internacional.

3. La concentración de la ciencia grande en unos pocos países altamente industrializados, cambió radicalmente la naturaleza del quehacer científico también en los países poco desarrollados. La racionalidad de la interdependencia científica cedió lugar a la dependencia científica y tecnológica, con sus consecuencias ideológicas y políticas.

4. Seguir aferrándose a la racionalidad de la ciencia tradicional cuando las condiciones nuevas la transformaron en ideología, significa correr el riesgo de que la ciencia, hasta ahora una de las instituciones básicas de la civilización occidental, pierda su legitimidad.

5. La solución, a juicio mío, consiste en que el estamento científico reconozca la dimensión política inherente a su quehacer en el mundo de la ciencia grande, tanto en los países industrializados como en los poco desarrollados, y que asuma consciente y deliberadamente, las responsabilidades políticas que esta situación nueva entraña, más allá de la responsabilidad del cientista individual.

Introducir reflexiones políticas en el ámbito de la ciencia es una tarea desagradable, dura y peligrosa. Estoy consciente de que con ello el estamento científico entrará en un verdadero campo minado de contradicciones, conflictos y callejones sin salida. Pero es una tarea que no podemos soslayar. Los planteamientos específicos que hice en torno a este problema pueden estar equivocados. Pero el problema ideológico y político de la ciencia en el mundo contemporáneo existe. Con ignorarlo, no lo haremos desaparecer.

02-6
30

(JINDA (1980), Curso de gestión tecnológica)

ÍNDICE MODULO N° 5

LA ACTIVIDAD DE INVESTIGACION Y DE DESARROLLO EXPERIMENTAL

		Pag.
5.1	REQUISITOS GENERALES PARA LAS ACTIVIDADES DE I&D EN LAS EMPRESAS	219
5.2	LA SELECCION DE PROYECTOS	222
5.3	COSTO Y FINANCIAMIENTO DE I&D	230
5.4	LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS DE I&D EN LA EMPRESA	235
5.5	EXPERIENCIAS SOBRE I&D EN EMPRESAS BRASILERAS	259
5.6	EMPRESAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS E INNOVACION TECNOLOGICA	263

5.1 REQUISITOS GENERALES PARA LAS ACTIVIDADES DE I&D EN LAS EMPRESAS.

El análisis tradicional de los economistas considera el flujo de nuevos conocimientos, inventos e innovaciones como algo ajeno al cuadro de referencia de los modelos económicos, o más precisamente, como una variable "exógena"; preocupados con el análisis a corto plazo de las fluctuaciones de la demanda y la oferta de bienes y servicios, excluyen los cambios tecnológicos y sociales de sus consideraciones; basándose en la cláusula "ceteris paribus", destacan los factores K y L como insumos esenciales, y califican como factor "residual" a la contribución de otros factores (tales como educación, administración e innovación tecnológica) al crecimiento.

Pero recientemente, los "otros factores" pasaron a ser sometidos a análisis y estudio económico sistemático, a partir de la hipótesis que propone la educación y la investigación y desarrollo experimental como factores básicos de desarrollo, atribuyendo a la inversión de capital una función de intermediación.

De acuerdo a esta visión los elementos críticos del proceso de desarrollo serían las inversiones intangibles en la generación y difusión del conocimiento, superando en importancia a los tangibles, en instalaciones y máquinas.

En este sentido, debe considerarse la inversión tanto como proceso de producción y difusión del conocimiento, como de producción y uso de bienes de capital, los cuales simplemente incorporarn el progreso científico-tecnológico. La tendencia general es hacia el fortalecimiento y expansión de los servicios de generación y difusión de informaciones, desde la investigación, publicaciones, etc., hasta el procesamiento de datos, su almacenamiento y recuperación, con el fin de aplicarlos al proceso productivo.

Aunque sólo una pequeña parte de la fuerza de trabajo esté ocupada en investigación y desarrollo, esta constituye la médula de la misma, porque en las sociedades modernas es en el sector de I&D donde se originan nuevos y mejores materiales, productos, procesos y sistemas que, a su vez, sustentan el proceso de crecimiento.

Por lo tanto, la formación y el entrenamiento de la mano de obra, las comunicaciones eficientes, las inversiones de capital, las economías de escala, los cambios estructurales y la reorganización de la planta

industrial deben considerarse productos de la exploración y aplicación sistemática de descubrimientos científicos y de innovaciones tecnológicas. De ahí la importancia creciente atribuída a la investigación y al desarrollo en todos los países y su reconocimiento expreso en planes de desarrollo científico-tecnológico.

Por otra parte, en prácticamente todos los países en desarrollo se crearon sistemas nacionales de I&D, tratando de constituir redes integradas de instituciones de I&D estrechamente relacionadas con las universidades, el gobierno y las empresas.

A diferencia del innovador individual del siglo XIX, las actividades de I&D en la segunda mitad de este siglo, se caracterizan por su elevado contenido científico, la escala a las que se realizan y sus trabajadores altamente especializados, dedicados a sus tareas en tiempo completo. El "output" de esta nueva "industria" de "know' how" está representado por un flujo de informaciones, ya sea de carácter general (resultados de la investigación básica o fundamental), o de carácter específico cuando está relacionado con su uso en el proceso productivo (investigación aplicada).

La estructura industrial del siglo pasado permitía hacer innovaciones o perfeccionamientos a partir de la observación y experimentación en pequeña escala, que daban origen al registro de patentes por parte de los inventores, quienes se encargaban frecuentemente también del desarrollo experimental. En la estructura contemporánea de los mercados, dado el carácter científico de la tecnología y su complejidad y costos crecientes, la tendencia universal a la división social del trabajo exige y favorece la separación del sector productivo del de trabajo experimental, lo que tiene como consecuencia el desarrollo cada vez más intenso y amplio de actividades especializadas de I&D, con un contingente de mano de obra altamente calificado y con equipos sofisticados de alto costo.

Las actividades de este sector de I&D se extienden a la innovación de productos y de procesos, exigiendo la combinación de calificaciones en el ramo (por ejemplo, química, electrónica, alimentos, etc.) para tareas que van desde el diseño del proceso a la ingeniería mecánica, incluyendo otras actividades de ingeniería y administración difíciles de

reunir y coordinar, a no ser a través de la creación de un sistema de Investigación y Desarrollo en la industria.

En los países de América Latina, casi la totalidad de las actividades de I&D se realiza en institutos de investigaciones y/o universidades mantenidas o subvencionadas por los respectivos gobiernos, con poco o ningún compromiso de parte de las empresas.

Estas, cuando se trata de capital extranjero, prefieren, por motivos obvios, recurrir a las fuentes de información y al "know-how" del exterior, generalmente proporcionado por las matrices.

Las firmas nacionales, tanto las privadas como las estatales, preocupadas por reducir los riesgos y las incertidumbres de un proceso relativamente lento de I&D, prefieren adquirir los procesos y productos, o el derecho a su uso, de proveedores externos, movidos por una "racionalidad" empresarial típica del sistema de mercado de competencia imperfecta, que no permite consideraciones o cálculos de interés social.

La función principal de I&D en la empresa es reducir el grado de incertidumbre en cuanto al mercado y el desempeño futuro. Sin embargo la propia naturaleza de I&D es tal que la incertidumbre en cuanto al mercado y al éxito de la técnica permanece, lo que determina un elevado grado de inestabilidad y un proceso de toma de decisiones que más se asemeja a la improvisación que al cálculo ordenado y "racional" de la teoría microeconómica.

La situación típica de los mercados, en la gran mayoría de las ramas industriales es de oligopolio, donde unos pocos compiten por el control del mercado, principalmente a través del mecanismo de la innovación tecnológica. La capacidad de I&D es la que abre o restringe las posibilidades de "entrada" en el mercado, y su creación y expansión exigen un esfuerzo muy grande de movilización de recursos, tanto materiales y financieros como humanos.

Debido a las estructuras de mercado oligopólicas y al atraso técnico en que se encuentran las empresas nacionales con relación al capital extranjero, es imposible evitar una socialización, por lo menos parcial, de los riesgos de I&D. La presencia de las TNC (corporaciones transnacionales), los problemas de índole extema y de economías de escala

en I&D, exigen la formulación y ejecución decidida de una política de ciencia y tecnología que apoye los esfuerzos de las empresas nacionales.

Los esfuerzos de los países en desarrollo y, particularmente de América Latina, por construir una capacidad tecnológica autónoma como medio para la independencia y el desarrollo económicos, salieron de una fase que se caracterizó por la reglamentación de "transferencia de tecnología", para concentrarse en iniciativas gubernamentales tendientes al desarrollo de un potencial interno de I&D, en las empresas nacionales privadas y públicas.

La creación y la consolidación de centros o departamentos de investigación y desarrollo en las empresas, han funcionado como "feedback" y refuerzo al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, creando condiciones para la adaptación y asimilación de tecnologías importadas.

Además, la existencia de elementos calificados en I&D en las empresas representa un factor importante en la interacción entre éstas, las instituciones de investigación y desarrollo de las universidades, y las agencias gubernamentales encargadas de la política científica-tecnológica, ya que actúan como "interlocutores" competentes y experimentados.

Sin embargo, la existencia de un sistema nacional de I&D constituye una condición necesaria, aunque no suficiente, para el éxito de la política científica-tecnológica nacional. Esta exige un grado de coherencia y de convergencia con la política económica del país, hasta ahora no alcanzado por ninguna nación latinoamericana.

5.2 LA SELECCION DE PROYECTOS

Los criterios para la selección de proyectos varían según el grado de importancia de acuerdo con la naturaleza y las necesidades de las unidades ejecutoras y compradoras de I&D.

El proceso de selección de proyectos relacionados con productos de consumo civil es orientado por consideraciones de mercado y financieras.

Así, el Departamento de Marketing, antes de autorizar el proyecto, exigirá estudios de viabilidad técnica y de mercado, y procurará corre-

lacionar el potencial de ventas con el costo estimado, a fin de calcular la ganancia esperada de los resultados del proyecto. Los proyectos de investigación industrial tienen como objetivos :

- reducir los costos operacionales;
- mejorar la posición competitiva de la empresa en el mercado, proporcionando productos de calidad y asistencia técnica;
- abrir nuevos mercados para nuevos productos desarrollando oportunidades de inversión para la empresa.

Obviamente, la ejecución de proyectos de I&D en los sectores militar y de administración pública pone menos énfasis en los aspectos financieros y de mercado aunque el problema de costos pueda constituir, en último término, el factor decisivo para su aprobación.

Por consiguiente, el proceso de selección de proyectos se verá bastante influenciado por las necesidades, cronogramas y capacidad de realización previstas. Por otra parte, mientras algunos factores de selección pueden ser cuantificados para servir como patrones de orientación, otros, también muy importantes, no son cuantificables y exigen una evaluación subjetiva por parte de los administradores. Se apuntan a continuación algunos de los factores que intervienen en la selección de proyectos de I&D, tanto de destino comercial como gubernamental, aunque se hace necesaria una pequeña disgresión sobre la innovación de productos y procesos.

Los cambios de procesos y los nuevos productos.

Debido a su efecto económico muy diverso, las innovaciones deben dividirse en :

- cambios de procesos
- nuevos productos

Los cambios de procesos consisten en la fabricación de equipos nuevos o la utilización de materias primas nuevas. Se originan en el sector de los medios de producción, e incluyen también aquellos que sólo afectan la producción de medios de producción. Otros repercuten en el sector de bienes de consumo a través de la fabricación de nuevas

máquinas o del uso de nuevas materias primas en su producción. Los nuevos productos expanden el sector de bienes de consumo, exigiendo inversiones en nuevas líneas de producción, en la medida en que los nuevos procedimientos hacen técnicamente obsoletos ciertos medios de producción, anticipando su reposición, antes de que sean materialmente consumidos.

Los nuevos procedimientos se justifican por la reducción de costos de producción que ellos permiten. Aumentando la productividad física del trabajo, reducen también el valor de la mercadería, o sea, el tiempo de trabajo necesario para producirla. La disminución del trabajo vivo (V) redunda en el aumento del trabajo muerto (C), lo que reduce la tasa de ganancias. Con todo, al contrario de lo que pensaba Marx, en el capitalismo monopólico el cambio de procedimientos no causa la caída de la tasa de ganancias.

La razón básica para esto es que no habiendo competencia de precios, no se aplican los cambios de procedimientos que no aumentan la tasa de ganancias. Mientras tanto, el volumen de empleo en la economía capitalista moderna continúa siendo determinado por el comportamiento tecnológico de los capitalistas. Un aumento de la productividad causado por los cambios de procedimientos tiene dos efectos, ambos negativos, sobre el empleo.

Uno directo : si la demanda de bienes de consumo se mantiene en el mismo nivel físico, el volumen de trabajo necesario para atender esta demanda disminuye. Otro indirecto : Como el cambio de procedimiento causa una redistribución de la renta a favor de las clases más ricas, ya que el fruto del aumento de la productividad es absorbido casi enteramente por los capitalistas, la propensión a consumir en toda la economía tiende a decaer, lo cual hace bajar el valor real de la demanda por bienes de consumo; esto a su vez, causa una nueva reducción del empleo en los dos sectores, pues la demanda por medios de producción es derivada de la demanda por bienes de consumo.

En cambio, las consecuencias de la introducción de nuevos productos son diametralmente opuestas a las de los cambios de procedimientos. Mientras que éstos contraen el consumo, redistribuyen la renta a favor de los capitalistas y reducen el empleo, los nuevos productos expanden el consumo, favorecen la subida de salarios y hacen

crecer el empleo. Es evidente que estos efectos se compensan mutuamente, en la medida en que los cambios de procedimientos y nuevos productos ocurren simultáneamente, contribuyendo así a la supervivencia y también a la expansión y crecimiento del sistema capitalista.

El efecto acumulado de la introducción de nuevos productos se expresa en una rápida alza del nivel del empleo, acelerando la acumulación y ampliando la reproducción hasta que ésta comienza a encontrar los límites materiales para su expansión; estos se manifiestan bajo la forma de puntos de estrangulamiento, que, al generar alzas de costos, tales como los aumentos de salarios causado por la reducción de la oferta de fuerza de trabajo, tornan los cambios de procedimiento económicamente más atrayentes. La adopción de esos cambios debe "compensar" los efectos de la introducción de nuevos productos, a medida que modere el crecimiento del empleo, de los salarios y del nivel de las actividades productivas.

En mercados competitivos, la introducción de nuevos productos, aunque esencial para el crecimiento de la empresa, contribuye también a la expansión de las fronteras de la economía nacional.

En condiciones de competencia imperfecta, la motivación para innovar es reducida, ya sea por la "reserva de mercado" y otras medidas proteccionistas adoptadas por el gobierno a favor de las empresas, o por los riesgos e incertidumbres asociadas con las innovaciones y su aceptación por el mercado.

Selección de proyectos en la industria

Mientras que los proyectos de interés para el gobierno (militares especialmente) se seleccionan según criterios de necesidad y para tareas específicas, que no dependen de cálculos y consideraciones comerciales rutinarias, los proyectos de I&D en las empresas son juzgados, en último análisis, por su contribución potencial a los objetivos de la organización. Aunque estos pueden reducirse a anticipar utilidades sería erróneo basar una selección de proyectos solamente en las utilidades, ignorando otros factores críticos que contribuyen al funcionamiento y a la capacidad operacional de la empresa.

Según Freeman (**Freeman**, 1974, pág. 227) cualquiera que sea la técnica particular de selección adoptada, el administrador deberá considerar tres parámetros :

- los costos probables de desarrollo, producción, lanzamiento y comercialización de la innovación, y el cronograma aproximado de esos desembolsos;

- el flujo probable de rendimientos provenientes de la venta o del uso de la innovación, y su cronograma;

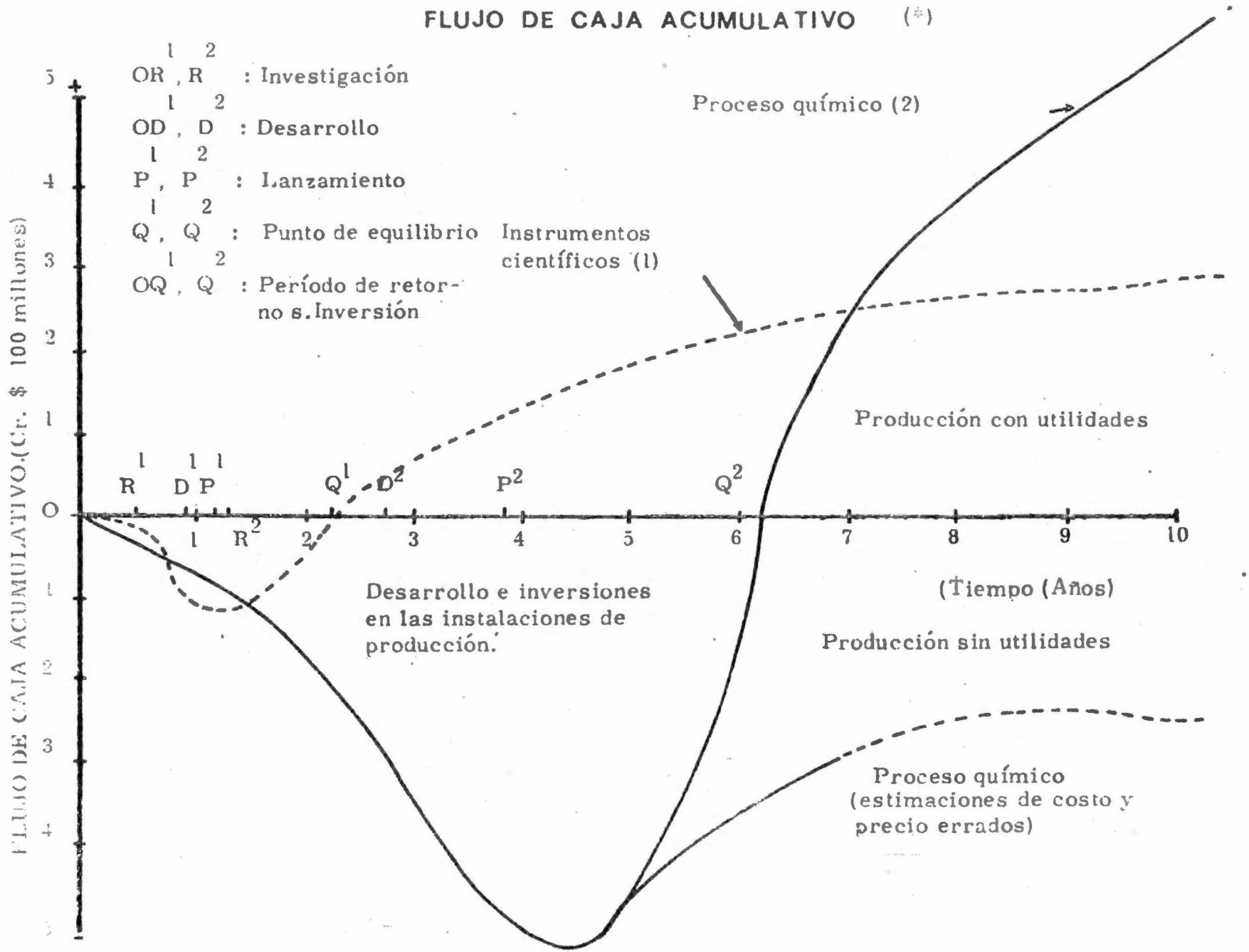
- las probabilidades de éxito, técnico y comercial, de la innovación.

Lo ideal sería que el administrador elaborara un diagrama completo de flujo de los gastos y rendimientos futuros asociados con la innovación (Figura N° 1). Es indispensable hacer una estimación de los costos de desarrollo y lanzamiento para evaluar una probable ganancia, aunque en casos notables (el desarrollo del avión supersónico Concorde, por ejemplo) los errores de esas estimaciones fueron enormes. Sólo es posible lograr una mayor precisión en las provisiones de costos a través de una reducción correspondiente de la incertidumbre, lo que se puede conseguir con más investigaciones o mediante la disminución del grado de innovación del proyecto propuesto. Los oligopolios-líderes de sus respectivos mercados prefieren esta última alternativa sobre todo en una época de recesión de la economía (Ver también Freeman, op. cit. pág. 229-230).

En sectores de alto grado de oligopolización, la entrada es difícil debido a la posición privilegiada de las pocas empresas grandes que cuentan con "know-how" técnico, experiencia, capital y publicidad de sus marcas y productos. Sin embargo, en condiciones de "entrada" mas fácil y por lo tanto, de obsolescencia más rápida de productos, ninguna empresa tiene garantizada su posición en el mercado. La selección de proyectos se ve influenciada frecuentemente por factores operacionales que no contribuyen necesariamente a la obtención de ganancias inmediatas. Así, un producto resultante de un proyecto de I&D aunque no produzca grandes ganancias, puede contribuir al logro de una estabilidad operacional esencial para la supervivencia de la empresa.

FIGURA 1

FLUJO DE CAJA ACUMULATIVO (*)



(*) Adaptado de Freeman, Ch. - op. cit. pág. 228

La realización de muchos proyectos relativamente cortos, presenta también problemas operacionales, ya que exige el desplazamiento frecuente de recursos materiales y humanos. Además, los costos administrativos de proyectos pequeños pueden aparecer desproporcionadamente elevados en cuanto a los resultados y a su contribución a los objetivos de la empresa. Por otro lado, por ser virtualmente imposible el desarrollo lucrativo de un nuevo producto a corto plazo, la planificación a largo plazo se hace esencial, con el objeto de efectuar una transición hacia mercados nuevos o afines. El equilibrio operacional exige también el estudio, con carácter exploratorio, de las posibilidades de uso alternativo de los recursos, sobre todo cuando se está operando con cierta capacidad ociosa. Ante la inestabilidad de todos los mercados, no es posible plantear con certeza la mantención de una posición de liderazgo tecnológico sin una planificación operacional a largo plazo, sobre todo en sectores de alto índice de actividades de I&D.

En estos casos, el "monitoring" y el compromiso constante con el desarrollo tecnológico constituyen factores fundamentales para el crecimiento y las eventuales ventajas competitivas de las empresas en su lucha por los mercados. Según estudios efectuados (Roman, 1968, pág. 207) la tasa de fracasos de proyectos que procuran desarrollar nuevos productos, es elevada y solamente un tercio de los productos que salieron de los centros de I&D como éxitos técnicos se transformaron también en éxitos comerciales (Ver también Freeman, 1974).

Frente a una elevada proporción de fracasos, es indispensable tomar medidas de precaución y adoptar criterios rigurosos de selección de los proyectos propuestos por los Centros o Departamentos de I&D.

Sin embargo, parece imposible establecer una fórmula cuantitativa que incluya también los factores subjetivos. Una metodología, en este sentido, debe aplicarse como instrumento de "screening", antes de la toma de decisión final. Un enfoque puramente cuantitativo puede reducir las posibilidades y proporcionar una gama de alternativas mas estrecha, por lo cual la capacidad y la intuición de quien toma la decisión pueden considerarse como elementos críticos en la selección de proyectos. Entre los numerosos factores que influyen en la selección de proyectos de I&D para la industria se destacan :

- la necesidad de nuevos productos y mercados;
- la probabilidad técnica de éxito;
- la utilidad potencial del producto que va a surgir del proyecto;
- la disponibilidad de recursos financieros y humanos;
- la posición de la empresa en el mercado y su control sobre el producto considerado;
- la imagen y el prestigio públicos de la empresa;
- la contribución técnica del proyecto para el entrenamiento y formación de mano de obra.
- la posibilidad de obtener ganancias por los derechos de propiedad (patentes) sobre el nuevo producto.

Los métodos empleados corrientemente parecen privilegiar los aspectos financieros e ignoran otros elementos importantes, sujetos a interpretaciones y, por lo tanto, a desviaciones subjetivas.

Algunos autores (Villers, 1964) sugieren la adopción de una hoja de trabajo que presente el perfil del proyecto, relacionando los diversos factores - técnico, de producción, financiero y marketing - y evaluándolos desde el punto de vista de la incertidumbre. Tal perfil toma en consideración todos los elementos críticos en el proceso de toma de decisiones, proporcionando una visión de conjunto de los factores envueltos. Además, permite una evaluación de los objetivos técnicos, su relevancia para los intereses de la empresa, su potencial y las implicaciones que pueda tener el proyecto en términos de recursos y eventuales progresos del sector de I&D de la empresa.

La clasificación de proyectos en categorías facilita a los administradores el proceso de toma de decisión. A continuación se propone una posible división en categorías :

- investigación básica o exploratoria
- investigación aplicada
- desarrollo de nuevos productos
- perfeccionamiento de productos existentes
- perfeccionamiento de técnicas o procesos

Tales categorías permiten hacer una evaluación mas equilibrada de los proyectos propuestos, como parte de un esfuerzo global de I&D en la empresa, evitándose así una asignación desproporcionada de re-

cursos en algunas áreas, a costa de otras actividades importantes. Las listas de clasificación y de prioridades que se confeccionen deben considerar también los riesgos envueltos en el proyecto y su retorno potencial.

En otras palabras es necesario formularse preguntas sobre los plazos de ejecución (corto, medio largo) y el grado de riesgo o certeza en términos de costo, tiempo y resultados, con el fin de poder evaluar más eficazmente el proyecto en función de su importancia, deseabilidad, aplicabilidad y el posible aprovechamiento de sus resultados, atendiendo a los objetivos mas generales de la empresa.

Finalmente, las características del elemento humano o sea del administrador a quien cabría la decisión final, son fundamentales : su imparcialidad, o mejor dicho su capacidad para ponderar el valor de los respectivos factores(de mercado, finanzas o técnicos) del proyecto, sin la cual aumenta la posibilidad de desviación en el juicio, es muy importante para una visión correcta de los objetivos de la organización. El debe considerar también las necesidades, los recursos, el "know-how" disponible, la ganancia potencial, y otras variables.

Además, debe recordarse que la eficiencia y la actitud del personal pueden constituir elementos vitales para el éxito - o fracaso - del proyecto. Proyectos que no parecen económica - o técnicamente factibles sobre la base de cálculos cuantitativos, pueden resultar productivos, si el personal que participa en ellos se dedica con motivación e interés a su realización. En otras palabras, el factor humano constituye el elemento crítico, aunque subjetivo, en el proceso de selección de proyectos.

5.3 COSTO Y FINANCIAMIENTO DE I&D

El cálculo de los costos de un proyecto constituye un aspecto fundamental de su planificación, no solamente en cuanto a la necesidad de recursos exigidos para su ejecución, sino también como orientación para la administración en cuanto a la viabilidad del proyecto. Además, una explicación de los componentes del costo se hace absolutamente indispensable en una relación con el gobierno.

La validez y la confiabilidad de las previsiones de costo pueden ser instrumentales para obtener recursos para la realización del proyecto.

Aunque es relativamente fácil estimar el costo de las maquinarias y equipo, surgen dificultades en la previsión de los costos de personal, cuyo "rendimiento" varía de acuerdo con su capacidad, energía, motivación, etc. Mientras más personas estén involucradas en el proyecto, más compleja y difícil se hace la elaboración de su cronograma y presupuesto, pues contrariamente a la producción de bienes, en que es posible comparar las estimaciones de costo con los precios de mercado, en I&D el producto final es el conocimiento creativo y, por lo tanto, imposible de normalizar y de comparar con otros resultados de Investigación y Desarrollo.

El administrador de I&D está obligado a considerar también esos elementos subjetivos e intangibles, junto con los costos aparentes y las ganancias previsibles, al elaborar el presupuesto de las diferentes actividades del proyecto de I&D, para conseguir su financiamiento de parte de la dirección de la empresa, o de los organismos públicos encargados de la política científica y tecnológica. Si la empresa no dispone de fondos propios para sus proyectos de I&D, deberá buscar financiamiento externo, mediante agentes financieros nacionales o internacionales. En este caso, la elaboración minuciosa del cronograma y presupuesto será importante para obtener la aprobación del gobierno y de los recursos externos, sea bajo la forma de un empréstito contratado a la tasa de interés vigente, o en condiciones especiales favorecidas con un período de gracia e intereses mas bajos que los del mercado.

La creación de un centro de I&D en la empresa representa un esfuerzo a largo plazo. Si bien los costos son inmediatos, los resultados se sitúan en un futuro relativamente distante e incierto. Los proyectos de I&D adolecen de cierta inflexibilidad, en la medida en que no pueden interrumpirse en cualquier momento sin incurrir en grandes pérdidas. Estas características exigen a la empresa un esfuerzo cuidadoso de planificación, sobre todo en lo que se refiere al financiamiento de las actividades de I&D. Cuando la propia empresa financia sus actividades de I&D, se dificulta el conocimiento del volumen de esas actividades debido a la forma de obtención de recursos y de cobertura de los gastos del Departa-

mento de I&D. Según Marcovitch, (1) las empresas disponen generalmente de dos formas de financiamiento de las actividades de I&D: "la primera, mantener la unidad con recursos de la administración central provenientes de un porcentaje sobre las utilidades de la empresa o sobre sus ventas, por ejemplo. La segunda, hacer que los usuarios, esto es, las unidades de producción, paguen por el servicio obtenido, gasto que se incluiría directamente en el costo final del producto." La adopción de una orientación intermedia entre estos dos extremos, sería aparentemente lo más ventajoso para el proceso de innovación de la empresa.

El mismo autor se refiere a las necesidades de mantención financiera de la unidad de I&D, principalmente en la fase de instalación, cuando los costos de construcción, de equipamiento y de los servicios de infraestructura son elevados, sin posibilidad de retorno inmediato. La necesidad de inmovilizar un elevado volumen de recursos obliga a la dirección de la empresa a recurrir a entidades de gobierno, tales como el Banco Nacional de Desarrollo (BNDE) o a la Financiadora de Estudios y Proyectos (FINEP) en el caso de Brasil, para obtener financiamiento a tasas reducidas o aún a fondo perdido. Solamente una vez que el Centro de I&D se encuentre funcionalmente integrado a la empresa, comenzará a generar recursos para cubrir al menos parte de sus costos operacionales, mediante la remuneración obtenida por los servicios que preste a las diferentes unidades de la organización.

La relación desarrollada entre las unidades de producción - clientes que proporcionan recursos financieros - y el Centro de I&D, puede llegar a constituir una forma de interacción dinámica: los responsables de las unidades respectivas tendrán que reunirse regular y sistemáticamente para analizar las necesidades que se presentan, lo que constituye una parte significativa de las tareas de planificación.

Sin embargo, este tipo de financiamiento unilateral de la I&D por parte de las unidades productivas, que no solo crea una cierta dependencia financiera sino también tendería a imprimir una orientación excesivamente pragmática y conservadora a los proyectos, deberá complementarse con recursos provenientes de otras fuentes, con el objeto de permitir a la unidad de I&D la formulación de proyectos innovadores propios.

---

(1) Cf. "A Gestao de Centros de Tecnologia na Empresa. Alguns Aspectos Críticos" - mimeo - IA/FEA/USP segunda versión preliminar. Octubre de 1979.

Marcovitch (op. cit. pág. 10) señala al respecto que "una parte variable de los recursos del departamento de tecnología debe destinarse a actividades o proyectos decididos por la propia unidad. Con estos recursos la unidad debe tener libertad para ejecutar estudios exploratorios con riesgos elevados pero que pueden traer considerables beneficios en el mediano y largo plazo, además de satisfacer las necesidades intelectuales y mantener el estímulo de la búsqueda de nuevos conocimientos. La dirección del departamento deberá definir criterios de evaluación y selección para la mejor utilización de estos recursos (costo, viabilidad, duración, probabilidad de éxito, etc.). Es conveniente que la administración superior participe en la definición de estos criterios, así como también que ella sea regularmente informada de todas las actividades, tanto las que están en progreso como las ya concluídas."

Esquematizando, se puede sostener que las fuentes de financiamiento de las principales actividades de un centro de I&D son las siguientes :

CUADRO I FINANCIAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE I&D EN LA EMPRESA

INVESTIGACION	DESARROLLO INGENIERIA Y ASISTENCIA TECNICA
- Financiada en gran parte con un "impuesto", generalmente sobre la facturación.	Financiado en gran parte por el pago incluído en el costo del producto.
- Presupuesto anual que incluye al responsable de la investigación y a los directores de la organización.	Presupuesto anual que incluye a los responsables técnicos de las divisiones y a los responsables de la investigación y desarrollo.

En las empresas que adoptan parcialmente este modelo existe una preocupación por hacer que los mismos técnicos e ingenieros que trabajan en proyectos orientados al sorto y mediano plazo puedan también participar en los proyectos elaborados y desarrollados "sin presión de fuera" por

la propia unidad de I&D. Una política de este tipo permite evitar una disociación entre estos dos grupos de actividades, así como las tensiones o conflictos eventuales que podrían producirse como consecuencia de una división del trabajo y una asignación de proyectos de investigación que privilegian a algunos mientras que someten a los otros a las presiones típicas de cualquier unidad de producción, en términos de plazos y resultados concretos.

Dada la débil capacidad financiera de las empresas nacionales, por un lado, y por el otro las condiciones del mercado que facilitan la adopción de tecnologías importadas, o presionan en ese sentido, se hace prácticamente condición "sine qua non" la creación de organismos específicos estatales de financiamiento y de apoyo al desarrollo tecnológico de la empresa nacional.

En el caso de FINEP (Financiadora de Estudio de Proyectos) de Brasil, se acreditó como agentes financieros, a los bancos de desarrollo estatales y regionales, con lo cual se cubre prácticamente todo el territorio nacional. Hasta 1975, esos agentes financieros sólo se preocupaban de los estudios y proyectos inscritos en el marco del programa de apoyo a los usuarios de servicios de consultoría, que incluye entre otros :

- gerencia de proyectos y asistencia técnica
- estudios destinados a ampliar la capacidad administrativa, técnica, productiva u operacional
- estudios generales regionales, sectoriales y otros de carácter similar, que tenían como objetivo la identificación de oportunidades de inversiones o la elaboración de programas de desarrollo económico y social.

A partir de 1976, FINEP acredita agentes para que actúen en el financiamiento de proyectos insertos en el Programa de Apoyo al Desarrollo Tecnológico de la Empresa Nacional. Tales proyectos pueden ser presentados por equipos o departamentos de las propias empresas, universidades, institutos de investigación tecnológica o consultores, incluyendo las siguientes actividades :

- I&D de nuevos productos y procesos
- investigaciones de adaptación de tecnologías importadas, compra y elaboración en el exterior de paquetes tecnológicos.
- participación en actividades necesarias a la creación de empresas dedicadas al desarrollo y comercialización de productos, procesos o servicios tecnológicos.
- implementación de sistema de control y garantía de calidad
- creación de centros de investigación tecnológica
- estudio y desarrollo de sistema y procedimientos.

5.4 LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS DE I&D EN LA EMPRESA

La administración de proyectos es un proceso complejo de múltiples facetas que incluye, además de la fase conceptual, la de la selección, la fase operacional, el ciclo de vida y los problemas de entrenamiento y motivación del equipo que opera a nivel de proyecto.

La fase conceptual, en el caso de un encargo gubernamental, puede iniciarse con un estudio de factibilidad, mientras que en un proyecto con potencial para generar bienes de consumo, el punto de partida será probablemente, en el siguiente orden, un estudio de mercado, un análisis financiero, y posteriormente una verificación de la factibilidad técnica.

A continuación debe presentarse una propuesta de proyecto que incluya las siguientes informaciones :

1. Descripción del proyecto:

   - finalidad
   - objetivos técnicos
   - enfoques técnicos

2. Especificaciones :

   - ejecución
   - objetivos

3. Servicios necesarios

4. Especificaciones de calidad

5. Programación operacional :

   - principales etapas
   - estimación de costos
   - presupuesto

6. Datos resumidos sobre los principales investigadores y administradores involucrados en el proyecto.

La fase constitutiva del proyecto, aunque tiene un carácter metodológico, proporciona una transición para la fase operacional. Se han desarrollado diversas técnicas (PERT, CPM, etc.) para sistematizar e integrar las diversas contribuciones al proyecto en vista.

Si la operación está orientada hacia un producto, con volumen de producción normalizado y flujo contínuo, el punto focal es la línea de producción. Siendo el producto un objeto físico, su evolución es fácil de verificar y su flujo constituye el factor dominante del control operacional.

En las operaciones orientadas hacia un proyecto, la organización se realiza predominantemente de acuerdo con líneas funcionales, aunque estas no representen un arreglo ordenado o esquemático del flujo de operación del proyecto.

Trataremos, a continuación, en forma resumida, los siguientes aspectos de administración de la investigación y del desarrollo en las empresas :

- la localización de la unidad de I&D en la empresa y su estructura organizacional;
- el proceso de planificación y control de las actividades de I&D dentro de la empresa, teniendo en vista un aprovechamiento óptimo de los recursos humanos, materiales y financieros;
- el proceso de transferencia de los resultados de I&D a las unidades de producción.

La localización de I&D en la Empresa

La primera decisión que es necesario tomar al organizar un centro de tecnología se refiere a la ubicación del esfuerzo de I&D dentro de la estructura de la organización. En cuanto a esta decisión, según Marcovitch (1), surgen tres alternativas básicas que dependen principalmente del tamaño de la empresa :

- descentralizar totalmente al nivel de las unidades productivas;
- centralizar al nivel de la administración central;
- combinar las dos primeras alternativas.

La primera, descentralizar el esfuerzo de I&D en varias unidades próximas a las divisiones de productos o mercados, sólo puede adoptarse en grandes organizaciones multiproductoras que necesitan una mayor orientación de sus esfuerzos de I&D hacia los problemas de cada división. Esta estructuración facilita también la comunicación entre I&D - producción - marketing, ya que la unidad de I&D está inserta al nivel de este departamento. "Cuando se adopta esta alternativa, es necesario mantener un centro más orientado hacia la investigación que al desarrollo y que asuma la responsabilidad de desempeñar proyectos y actividades más complejas o que las unidades no estén en condiciones de ejecutar. Varias organizaciones grandes, en los sectores textil, químico, electrónico y también en el sector de fibras sintéticas, han adoptado este modelo, donde la investigación básica está centralizada a nivel de un gran laboratorio central, protegido de las presiones de las unidades productivas." (2)

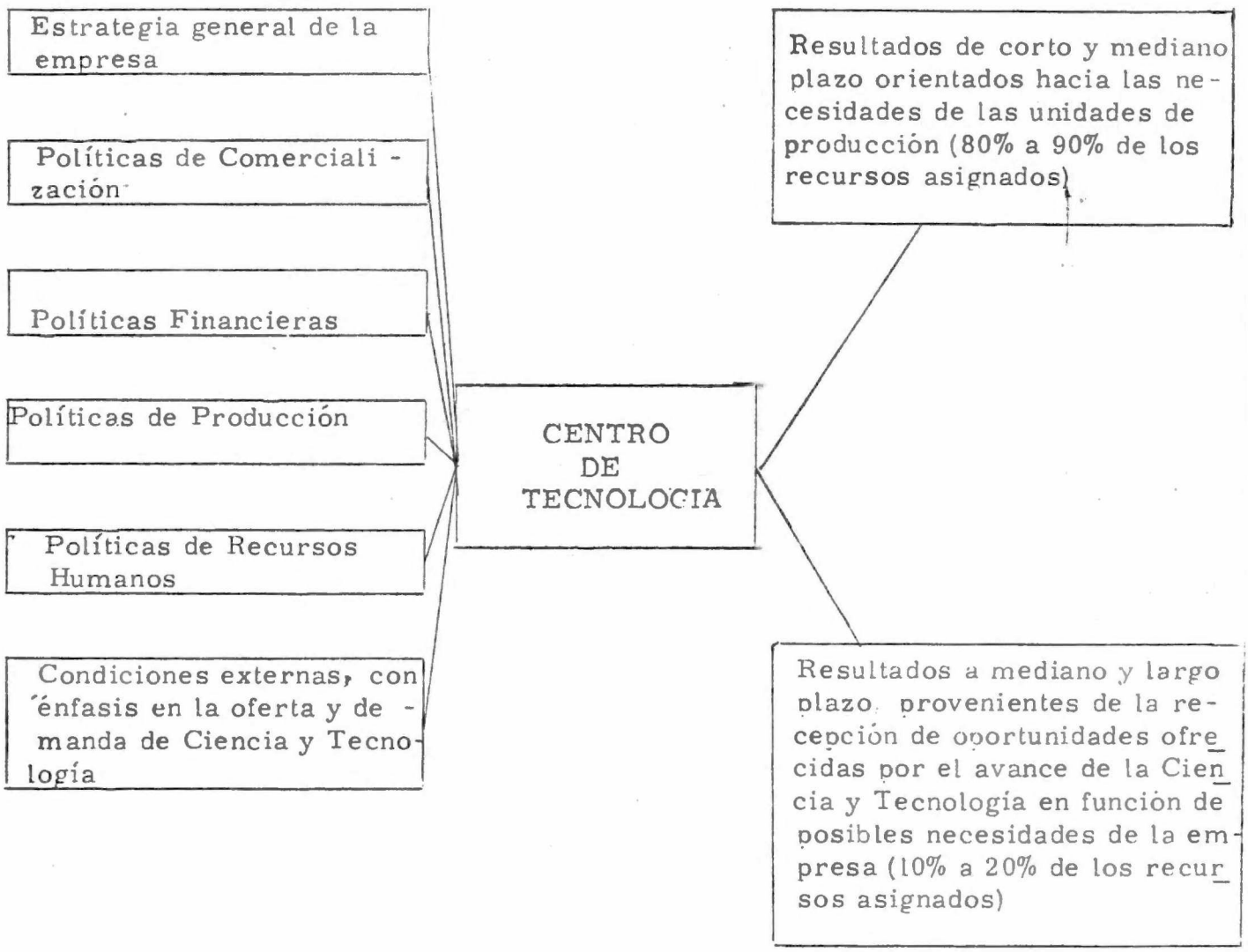
En el caso de empresas en países en desarrollo, donde las unidades productivas son menores y actúan en un conjunto limitado de productos afines, parece más aconsejable que el centro de tecnología esté centralizado y atienda a todos los sectores de la empresa. Asimismo, el

(1) Marcovitch, I. "A Gestao de Tecnologia na Empresa: alguns aspectos críticos" - mimeo. IA/FEA/USP, 1979.
(2) Id., ibid, pág. 6

Centro de Investigación constituirá uno de los departamentos de "staff", directamente subordinado a la dirección general, lo que le permitirá mantener una fuerte integración con las demás unidades de "staff" y de producción, y también hacer participar de la definición de sus políticas a las unidades de comercialización y en un menor grado a las de finanzas. Para poder trabajar con objetivos de corto y mediano plazo, es deseable que el director del centro de tecnología se encuentre al mismo nivel jerárquico de los otros directores, lo que facilitará su interacción con las áreas productivas y de comercialización.

Si el centro de tecnología está dentro del departamento de producción, lo que es natural en cuanto a su puesta en marcha y consolidación, es necesario constituir otros mecanismos para conciliar las exigencias de los diversos departamentos, como, por ejemplo, una comisión integrada por Comercialización - Producción - Finanzas para planificar y evaluar la función de I&D. La intensidad de estas dos relaciones (I&D/Unidad de Producción e I&D/Comercialización) es la que determina el éxito de un esfuerzo de innovación industrial. Las Figuras 2 y 3 permiten visualizar la integración que el centro de I&D debe tener con las otras unidades de la empresa.

FIGURA 2 : LOCALIZACION DEL CENTRO DE TECNOLOGIA EN LA EMPRESA



Tomado de Marcovitch, op. cit, Pág. 8

FIGURA 3 : ESQUEMA PARA DEFINIR Y APROBAR PLANES DE INVESTIGACION

Tomado de : Leal, F. L. y J. L. R. Pimenta - "O Centro de Pesquisas de USIMINAS", -mimeo IA/FEA/ USP, 1977.

De acuerdo a lo que sostiene Marcovitch (1), "...cualquiera que sea la forma adoptada se puede garantizar que los esfuerzos de I&D convergerán hacia las necesidades de las unidades de producción, tomando en cuenta las políticas de comercialización, finanzas y la estrategia general de la empresa. La relación con el ambiente de C&T no depende sólo de la estructura adoptada, sino también, del tipo de recursos humanos escogidos. Si estos recursos humanos, por lo menos algunos de los dirigentes, provienen de ese ambiente, la relación existirá naturalmente."

La Estructura Organizacional

A diferencia de otras unidades que operan en la empresa, la estructura organizacional de un centro de tecnología pretende una forma de organización adecuada de los recursos humanos disponibles para atender a las necesidades del sector productivo y de las otras áreas de la empresa, procurando maximizar su capacidad técnica para solucionar los problemas tecnológicos de la empresa en el corto, mediano y largo plazo.

Entre las diferentes opciones de organización, la elección deberá recaer sobre un modelo que permita no sólo cumplir con las funciones técnicas de I&D sino también integrar las unidades funcionales con las actividades o proyectos de un grado elevado de complejidad e interacción. Para Marcovitch (2) las siguientes características son propias de una estructura organizacional adecuada :

- permite una "respuesta" apropiada y flexibilidad frente a los estímulos del ambiente;
- favorece la discusión de los problemas y la solución de conflictos, evitando la creación de barreras al proceso de innovación;
- dinamiza la comunicación entre las diversas unidades del centro y entre éstas y los otros sectores de la empresa;
- consolida las potencialidades existentes así como aquellas en fase de creación, integrando a los técnicos que actúan

(1) Id., ibid, pág. 7
(2) Id., ibid, pag. 23

en áreas específicas y permitiendo la creación de un grupo de referencia.

En resumen, la estructura organizacional constituye un elemento fundamental para la existencia de un ambiente creativo favorable a la innovación y contribuye al desarrollo y consolidación de las potencialidades técnicas y a la consecución de los objetivos y satisfacción de las necesidades de la empresa como un todo.

Las alternativas de estructura organizacional son múltiples. Entre los factores que influyen sobre la adopción de un modelo determinado, figuran el tamaño de la organización, su rama de I&D (electrónica, mecánica, alimentos, etc.) la calificación de los recursos humanos y la dimensión del propio centro de I&D. Estos factores influirán directamente sobre la forma de inserción de la unidad de I&D en la empresa, así como sobre la forma de organizar y disponer de los recursos humanos y materiales disponibles. Es posible identificar tres formas distintas de estructura organizacional :

a) Estructura funcional, que agrupa a los recursos humanos conforme al área técnica en que actúan. En esta forma, existirán diversos departamentos, cada uno ocupado de una etapa del proceso productivo, lo que permite la formación de equipos altamente especializados.

b) Estructura por proyecto, que agrupa a los recursos humanos en función de un objetivo determinado, dentro de un plazo y de recursos predeterminados. Al fin del proyecto, cuando se logra el objetivo, los miembros del equipo se reasignan a nuevos proyectos.

c) Estructura matricial, que combina las dos alternativas anteriores. En este caso, los técnicos del centro pertenecen simultáneamente a grupos funcionales y equipos de proyecto, todos subordinados a una dirección general. Lo que caracteriza a la estructura matricial es que los responsables de las áreas funcionales son diferentes de

> los gerentes de programas y proyectos. La existencia de subordinaciones dobles o múltiples tiende a aumentar las tensiones y conflictos dentro de la organización pero, por otra parte, la comunicación y las negociaciones bien dirigidas pueden tener como consecuencia un aprovechamiento positivo de las tensiones y divergencias. De todos modos, es conveniente llamar la atención sobre los problemas que puede generar la estructura matricial, que con frecuencia son complejos y de difícil solución. (*)

Según Marcovitch, (1) las unidades pequeñas y la mayoría de las empresas medias y grandes, adoptan una estructura con un cierto grado de matricialidad que no llega a alcanzar la Matriz Pura.

En estas empresas se adopta una estructura funcional y dentro de cada unidad uncional se ubican los jefes de programas y proyectos. Estos últimos usan los recursos de su unidad y recursos de otras unidades funcionales. Esta alternativa de una estructura funcional que utiliza la gerencia por proyecto parece la más adecuada y la más económica.

Vasconcellos (2) destaca, entre otras, la ventaja de contar con un responsable del proyecto en su totalidad, con autoridad sobre los miembros del equipo multidisciplinario. Por otra parte, constituye una estructura flexible, que se amolda a las diversas actividades desarrolladas por el centro. Los técnicos e investigadores de diferentes disciplinas que colaboran en tareas determinadas, aprenden a integrar sus enfoques desde el ángulo multidisciplinario, lo que tiende a conferir nuevo dinamismo y eficiencia a los proyectos de la unidad.

En todos los Centros de tecnología, independientemente de la estructura elegida, la gerencia de proyectos tiene un rol fundamental. Asesorando a la Dirección General, facilita la definición de objetivos, orienta la asignación de recursos y su aplicación y participa en la evaluación de resultados. La gerencia por proyecto, al dirigir y supervisar la ejecución, libera a los niveles superiores de la organización para las tareas de planificación y seguimiento. El nivel jerárquico superior debe necesariamente

---

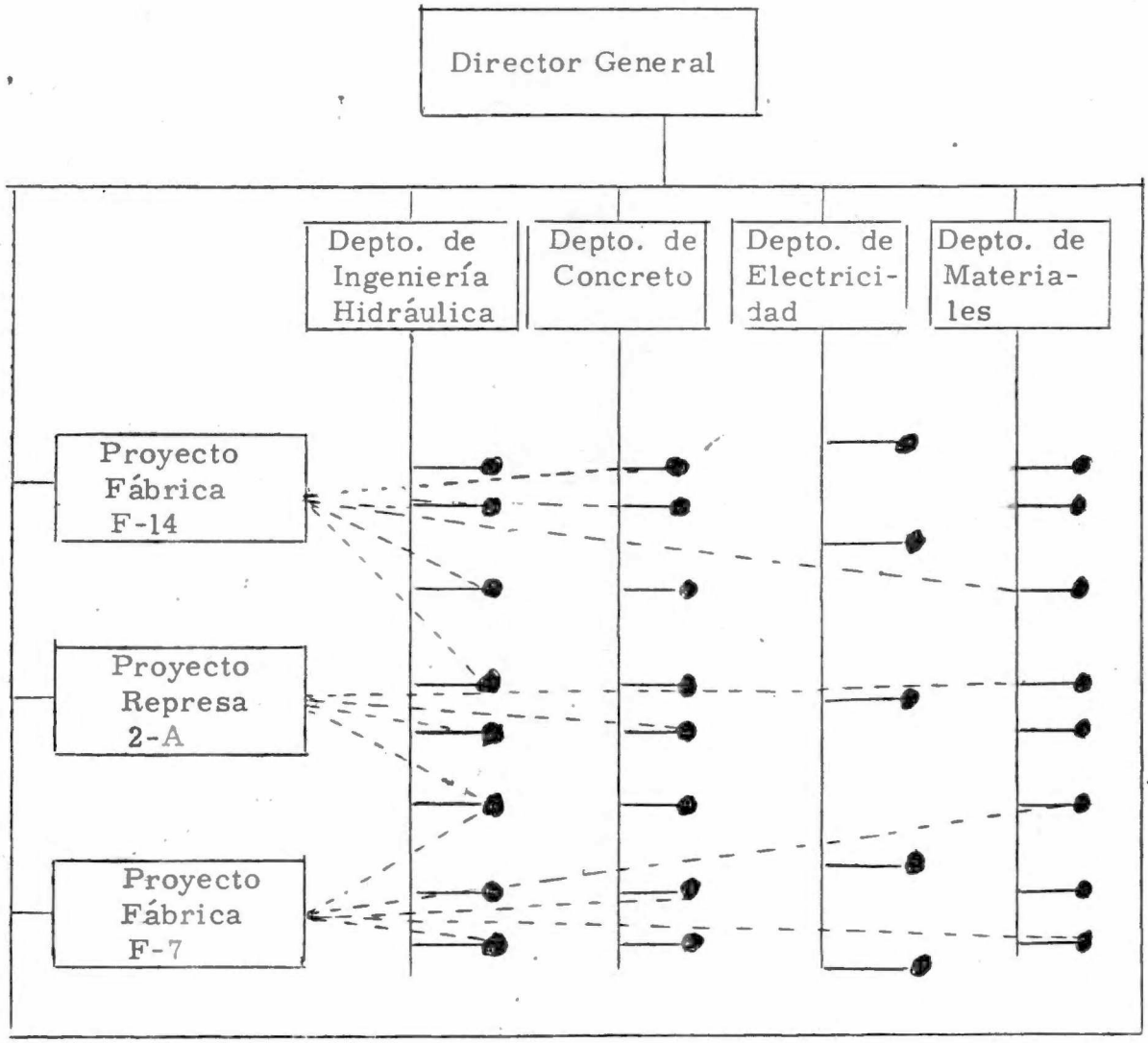
(1) Id. ibid, pág. 24

(2) Vasconcellos E., op. cit., pág. 105

(*) Ver FIGURA 4.

participar de la fase inicial del ciclo de vida del proyecto y de su seguimiento, dejando al gerente de proyecto la coordinación de todo el ciclo y, principalmente la fase de ejecución.

FIGURA 4 : EJEMPLO DE UNA ESTRUCTURA MATRICIAL



● Ingenieros
___ Subordinación respecto del gerente del área funcional
--- Subordinación en relación al gerente de proyecto.

Tomado de Vasconcellos, E. "Como Gerir Empresa que lida com Inovacao" EXAME 23/05/1979.

Al caracterizar el perfil "ideal" del gerente de proyecto, como una persona que combina habilidades técnicas y habilidades gerenciales, Marcovitch (1) le exige cualidades de comunicador, con facilidad de contacto, dentro y fuera de la unidad; de "animador", con experiencia en la ejecución de proyectos y capacidad de motivar a sus colaboradores. Su participación en la elaboración del proyecto y su liderazgo en la fase de ejecución le dan plena autoridad sobre los recursos asignados, debiendo recurrir a la dirección superior sólo cuando haya necesidad de un ajuste entre lo programado y lo ejecutado.

No es posible adoptar "a priori" una estructura organizacional standard. Ella debe diseñarse en función de los objetivos que hay que alcanzar, de los recursos humanos disponibles y de la situación concreta presente. La estructura del centro de I&D debe evolucionar con el crecimiento y las transformaciones de la empresa, procurando siempre facilitar y dinamizar la comunicación entre la unidad y el resto de la empresa, así como entre sus propios diversos sectores y grupos de trabajo. Se logrará este objetivo en la medida en que se reduzcan las barreras para la integración multidisciplinaria; nuevamente, el movimiento de recursos humanos entre unidades es un elemento positivo para lograr este fin.

La planificación de I&D, entendida aquí como la distribución de recursos escasos entre objetivos en competencia, de acuerdo a un orden de prioridades previamente definido, es una actividad compleja y difícil, pues envuelve, además de criterios de prioridad y eficiencia en la asignación de recursos, un alto gradode incertidumbre en cuanto a los resultados técnicos y comerciales de las actividades de I&D. El acto de planificar la actividad de I&D exige, por lo tanto, la justificación del proyecto escogido y la adecuación de los recursos humanos y financieros a su ejecución.

---

(1) Id. ibid, pg. 26

Planificación, Seguimiento y Control de las Actividades de I&D.

Las empresas planifican sus actividades de I&D para poder tener una base en cuanto a la relación entre sus objetivos y

- la limitación de sus recursos, escasos por definición, y su distribución óptima;
- la disponibilidad de recursos humanos y su distribución más adecuada;
- las áreas específicas de I&D que se desarrollarán;
- los proyectos y servicios de I&D que pueden ejecutar.

La planificación, por lo tanto, fuera de las funciones señaladas más arriba, permite lograr cierto consenso entre los dirigentes del departamento de tecnología y los diversos sectores de la organización: las unidades de producción, de comercialización y de finanzas. Este proceso de obtención de consenso es largo y demoroso, y es necesario que los responsables de su realización tengan acceso a todas las informaciones necesarias; además todas las unidades de la empresa deben someterse a un proceso de discusión sobre sus perspectivas futuras, sus problemas y sus necesidades. Solamente mediante la implantación y mantención de este alto grado de comunicación es posible tener éxito en la elaboración de un plan de I&D.

Los planes del departamento de tecnología deben comprometer no solamente a las unidades de Producción, sino siempre que sea posible, también a las unidades de Comercialización y Finanzas de acuerdo a múltiples experiencias recogidas en grandes empresas. (*)

(*) "El personal de Comercialización y Producción participa, junto con el jefe de las unidades de la División de I&D, en la determinación de los objetivos de esta última. Se discuten los presupuestos entre las unidades de I&D y los dirigentes de los centros de investigación, con la participación de la unidad central de I&D cuando se trata de centros multidivisionales. Se somete el presupuesto de toda la División de I&D a la Dirección General para su aprobación" (Industria de productos químicos y textiles). "La iniciación de nuevos proyectos se decide en la Comisión de Evaluación de Proyectos, después de la obtención de antecedentes de las Divisiones de I&D, Producción, Comercialización y Finanzas. Cada proyecto nuevo aprobado por la Comisión debe ser aprobado también por la Dirección de la empresa" (Industria de productos farmacéuticos y equipamientos médicos). Marcovitch, J. - op. cit. pág. 15.

El concepto de planificación está estrechamente ligado al de control, que consiste básicamente en la evaluación de resultados y eventualmente, en la corrección de las desviaciones, buscando alcanzar los objetivos dentro de los plazos previstos. En las empresas, por lo general, la planificación se ejecuta en cuatro niveles distintos: el estratégico, el de integración, el de projectos y el de planificación de apoyo.

El esfuerzo de planificación en estas empresas genera, habitualmente, tres documentos :

a) el plan estratégico, con un horizonte de varios años que describe las tendencias y la orientación del plan de desarrollo tecnológico;

b) las líneas y programas de I&D que se ejecutarán en los próximos tres a cinco años, con una estimación de costos para cada uno de ellos;

c) los proyectos y servicios que se ejecutarán a corto plazo.

En este último documento, cada proyecto se identifica mediante la siguiente información :

- título del proyecto
- localización en la unidad
- nombre del responsable
- objetivo
- descripción resumida y justificación del proyecto
- quien solicitó el proyecto
- cuáles son los resultados esperados
- cronograma de las principales etapas
- costo del proyecto en horas/hombres - equipos
- fuente de recursos para cubrir estos costos.

Otro documento se refiere a la planificación operacional propiamente tal y a través de los elementos que contiene es posible un seguimiento adecuado de las actividades de I&D.

Estos documentos constituyen la base del proceso de planificación y control. Para facilitar su elaboración es necesario un flujo contínuo ascendente y descendente de informaciones y de "feedback" hasta alcanzar el consenso institucional. Para lograrlo se requerirá un intenso proceso de negociación, que será más arduo mientras mayor sea la limitación de recursos, obligando a utilizar criterios de evaluación y selección hasta compatibilizar la disponibilidad de recursos con el plan de actividades.

La posibilidad de negociar y de administrar "racionalmente" las tensiones y conflictos inherentes a la planificación y la toma de decisiones, dependerá en gran medida de la estructura organizacional adoptada por la unidad de I&D.

Sigue una ilustración del proceso de toma de decisión para planificar las actividades de I&D, semejante al esquema propuesto por Twiss.

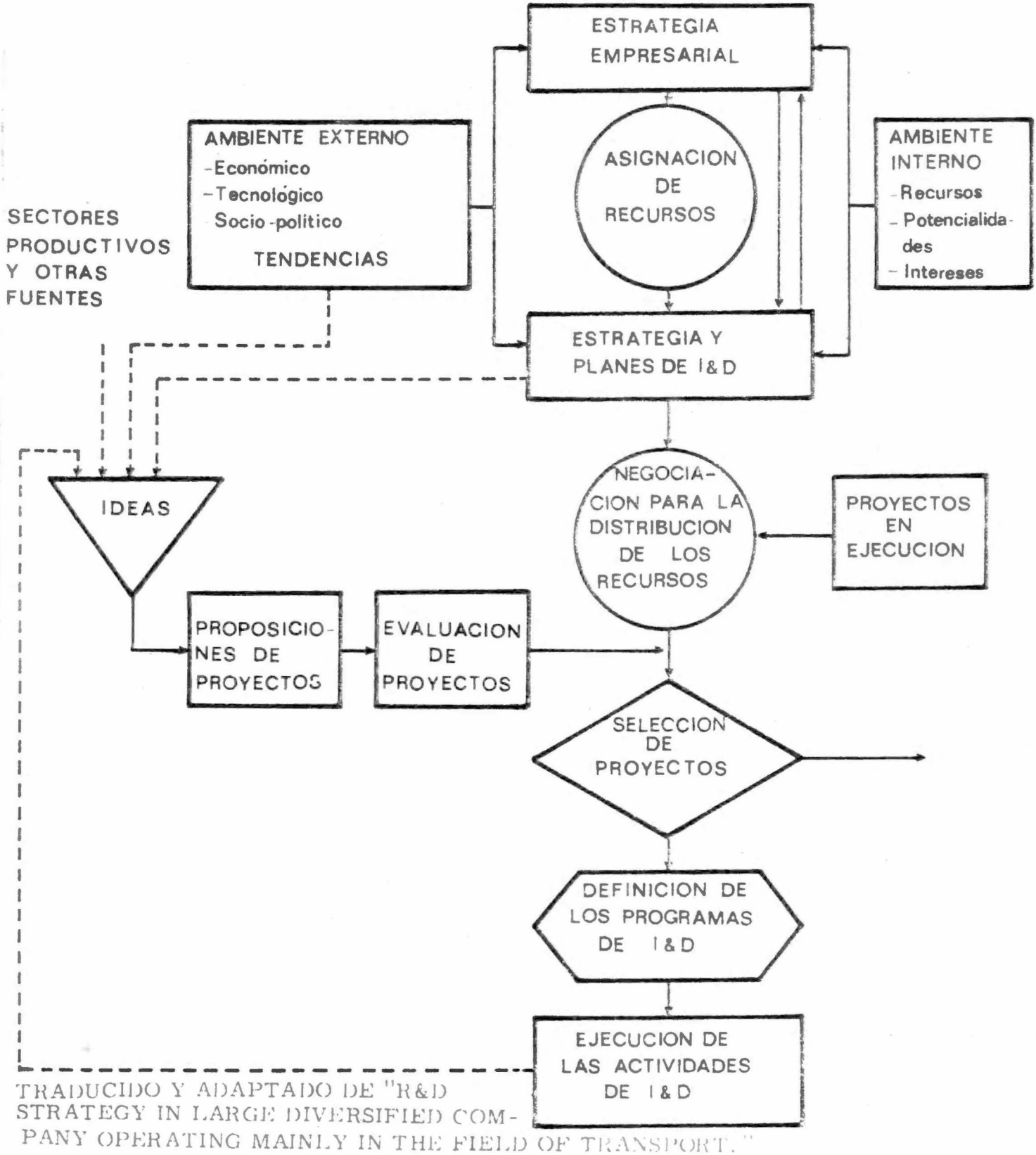
Dada la limitación de recursos financieros y de tiempo, las empresas medianas tendrán dificultades para preparar los documentos que resultan del proceso de planificación. En este caso el tercer documento pasa a ser fundamental, ya que propone soluciones para los problemas más inmediatos, y aún puede incluir en su introducción algunos aspectos sobre las tendencias de largo plazo y las principales políticas y programas de investigación. Esto cubrirá las necesidades de una empresa mediana, principalmente cuando su esfuerzo de I&D está centralizado. El proceso de planificación opera a escala reducida, produciendo un documento único que proporciona datos sobre las tendencias de largo plazo, los programas o grandes líneas de I&D y los proyectos específicos que se ejecutarán, en lugar de hacerlo en tres documentos separados. La necesidad de sofisticación en la planificación varía, por lo tanto, en función del tamaño y grado de burocratización de la unidad. Mientras mayor es la empresa, mayor es también la necesidad de hacer más explícita y detallada la planificación, con el fin de ofrecer a los encargados de la toma de decisiones los antecedentes que no pueden entregarse unicamente a través de reuniones o encuentros informales.

En igual forma, la duración del proceso depende del número de personas involucradas en su tramitación. Mientras mayor es la organización, mayor es el número de contactos que es necesario establecer, mayor el número

FIGURA 5

EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

EN I&D EN LA EMPRESA



TRADUCIDO Y ADAPTADO DE "R&D STRATEGY IN LARGE DIVERSIFIED COMPANY OPERATING MAINLY IN THE FIELD OF TRANSPORT."
U. Montalenti, en EIRMA CONFERENCE PAPERS VOLUME XIX - Paris 1977
Tomado de Marcovitch, J. op. cit. pág. 17

de problemas que hay que superar y, por lo tanto, más pronto debe iniciarse el proceso. A medida que este ciclo anual se repite, su coordinación se hace más fácil, pasando finalmente a formar parte de las rutinas normales de la empresa.

La planificación que resulta del consenso y la participación activa de todas las unidades interesadas, produce resultados que compensan la inversión en recursos humanos y tiempo necesario para su elaboración. Si esta no es posible, este retorno sólo se conseguirá en la medida en que la planificación se logre mediante un proceso adecuado de seguimiento y control.

Seguimiento y control de I&D.

Definimos control como el proceso de decisión que tiene como objetivo mantener los gastos y las realizaciones técnicas correspondientes dentro de los límites planeados. En consecuencia, el control incluye el seguimiento y evaluación del progreso del proyecto así como la eventual corrección de las desviaciones, con el fin de alcanzar los objetivos esperados dentro del plazo previsto, del presupuesto y del nivel de calidad previamente planificados.

En la práctica, por consiguiente, la función de control implica forzosamente la existencia previa de un plan, que sirve de patrón para medir y evaluar el progreso. Por otra parte, el seguimiento y el control pueden proporcionar informaciones útiles para rectificar desviaciones o, si fuera necesario, reformular la planificación del proyecto.

De esta forma, es posible inferir que planificación y control son actividades ligadas orgánicamente, que se desempeñan contínuamente a nivel de la gerencia de proyectos de I&D.

Marcovitch (1) resume los objetivos de esta actividad de la siguiente forma :

---

(1) Op. cit., pág. 19.

a) Registrar e informar a los diversos niveles interesados de la organización sobre la ejecución de las actividades, los resultados alcanzados y los gastos incurridos.

b) corregir, cuando sea necesario, las diferencias entre lo planificado y lo ejecutado;

c) permitir la redistribución de recursos humanos y materiales, teniendo en cuenta las nuevas necesidades que no fueron consideradas o surgieron después de finalizada la planificación. Solamente con un seguimiento exacto, podrá hacerse esta redistribución y, de esta forma, responder eficazmente a las necesidades de las unidades de la empresa.

d) centralizar el registro de resultados, de tal forma que se constituya una "memoria" de todos los proyectos ejecutados y todos los resultados alcanzados. Esta "memoria" permitirá hacer consultas a proyectos ya ejecutados y evitará la repetición, después de algunos años, de proyectos semejantes.

La formulación de un plan operacional adecuado por proyecto, facilitará la instalación de un sistema de seguimiento y control. Las informaciones contenidas en el plan operacional, después de incluírlas en la planilla del proyecto, constituyen la base del proceso de seguimiento. Usando un sistema de informaciones, sea o no computadorizado, se registran periódicamente las principales actividades. La base del seguimiento es el registro de las horas empleadas por los técnicos de cada proyecto, así como los informes de desempeño técnico.

De este proceso de seguimiento y control resultan, generalmente, tres tipos de informes :

a) informe sobre proyectos cuya evolución es normal de acuerdo con la programación inicial, o sea dentro de los límites del cronograma y el presupuesto.

b) Informes sobre proyectos que presentan desfases financieros o técnicos, cuyas causas todavía pueden controlarse a nivel de la gerencia del proyecto.

c) Informes sobre proyectos cuyo desfase técnico y/o financiero no puede controlarse o remediarse a nivel de la gerencia del proyecto.

Cada uno de estos informes tendrá destinatarios diferentes, de acuerdo con el nivel de intervención necesario. Así, los informes de tipo c) se dirigirán a la dirección superior, dando una visión general del desempeño de los sectores y un resumen de las discrepancias entre lo planeado y lo ejecutado.

Los informes de tipo b) se dirigirán a la jefatura de los sectores, haciendo un resumen del desempeño de todos los proyectos en cuanto a costo, tiempo, desempeño técnico, etc., comparando lo planeado con lo ejecutado y la variación entre ambos.

Los informes de tipo a) se destinarán a los gerentes de programas y proyectos, presentando un resumen de los datos mencionados más arriba, pero sólo para cada proyecto o programa bajo su responsabilidad.

Estos informes deben servir de base para el seguimiento y de "feedback" entre la dirección y los jefes de sectores, y entre los gerentes de proyectos y programas. Paralelamente a las informaciones administrativas fluyen las informaciones técnicas, que son la esencia del proyecto. Los proyectos de corta duración (3 a 6 meses), requieren normalmente un informe único, a su término, que describa las actividades emprendidas, los recursos utilizados y los resultados alcanzados. Este informe servirá para :

- comunicar a los niveles superiores resultados que ilustren el desempeño y la capacidad técnica del núcleo de I&D.

- reunir informaciones técnicas para un archivo, o "memoria" de conocimientos y experiencias.

- inducir una interacción más amplia e interna, buscando la difusión más rápida de los conocimientos entre investigadores y técnicos;

- facilitar la transferencia de los resultados alcanzados al sector de producción.

Los proyectos más largos requieren la preparación de varios informes periódicos que permitan, a la luz de los éxitos o fracasos alcanzados, revisar y rectificar la posición, garantizando de esta forma la continuidad del proyecto.

Resumiendo, un proceso de seguimiento y control representa una carga considerable para el gerente de proyecto quien, además de sus actividades técnicas y administrativas, debe elaborar los informes o, por lo menos, responsabilizarse por su contenido. La motivación para preparar buenos informes persistirá en la medida en que éstos sean difundidos, comentados y utilizados como insumo para el proceso de toma de decisión y como información de retorno.

La Transferencia de Resultados.

Uno de los aspectos más problemáticos y más vulnerables de cualquier centro o departamento de I&D es la transferencia de los resultados obtenidos al sector productivo. Los intereses y, a veces, los valores de las personas que integran cada uno de estos sectores son tan diversos que tienden a dificultar la comunicación y la interacción.

La estructura organizacional puede, de acuerdo a lo señalado más arriba, facilitar tal esfuerzo, pero conviene registrar ciertas medidas, que pueden dinamizar el proceso de transferencia de resultados. Marcovitch (1) resume estas medidas, que varios centros utilizan con resultados aparentemente positivos, en la siguiente forma :

- Mantener las unidades productivas permanentemente informadas de las actividades del departamento de I&D y de los resultados obtenidos, inclusive de las dificultades enfrentadas.

(1) Op. cit. págs. 28 y 29.

- Facilitar la circulación de informaciones a través de actividades formales e informales.

- Invitar a elementos de las unidades productivas a participar en algunas etapas del proceso de desarrollo e ingeniería.

- Transferir, junto con el producto o proceso desarrollado, los técnicos que participaron en el proyecto.

- Evitar exagerar en la "venta", las potencialidades del centro de tecnología. Por el contrario, es más beneficioso que el usuario se sorprenda positivamente con los resultados de un proyecto realizado.

- Nombrar en la dirección del proyecto a dos responsables, uno de la unidad productiva y otro del centro de tecnología, que participen en el proyecto desde la iniciación hasta su término. En este caso deberá haber una clara definición de responsabilidades respecto a las principales etapas del proyecto.

- Desde la aprobación del proyecto, el área o sector productivo interesado debe designar a un miembro de su unidad de desarrollo como contraparte para que siga la ejecución del proyecto. El será el interlocutor del investigador responsable. En cuanto a la introducción de la innovación o transferencia del resultado, el investigador seguirá el proceso hasta donde sea necesario, haciendo las debidas adaptaciones. Cuando el proyecto es más complejo, es común que el investigador sea enviado a la unidad de desarrollo y de ahí hacia el área de producción.

- Contínua transferencia de personal de I&D hacia otras unidades y vice-versa, para facilitar la existencia de una red informal de contactos que permita la generación de ideas y la transferencia de resultados.

Los testimonios expuestos más adelante permiten observar algunos de los medios utilizados para dinamizar este proceso de transferencia de resultados del laboratorio de I&D a la unidad de producción. (1)

(1) "El centro de tecnología participa todo el tiempo, hasta el lanzamiento del producto o adopción de la innovación. En verdad, muchas veces la preparación del lanzamiento está integrada por el personal de I&D en cooperación estrecha con el Departamento de Desarrollo de Procesos dentro de la función de Producción. Durante el primer año de producción, todos los problemas ligados a la producción (calidad, etc.) vuelven a I&D para "trouble-shooting". Tanto el centro de I&D como el área de Producción son co-responsables por todas las especificaciones, los métodos de fabricación y sistemas y los métodos de control de calidad. El personal del área de producción también forma parte del grupo de proyecto de I&D, para que pueda absorber el know how desarrollado." (Farmacia)

"La transferencia de resultados es una tarea que corresponde al Departamento de Ingeniería de Producción. Tres personas son responsables por esta transferencia :

1. El gerente del proyecto de I&D.
2. El ingeniero encargado del proyecto en ingeniería de producción.
3. El gerente de la línea de producto de la Fabricación (Productos químicos).

Todos los resultados en I&D, tales como informes de investigaciones y patentes, son revisados y evaluados por las divisiones interesadas. En algunos casos, se transfiere el personal de la División de I&D hacia el área de Producción después de uno o dos años, lo que facilita la transferencia de informaciones y el perfeccionamiento del nivel del personal del área de producción, haciéndolo así mas sensible a la importancia de la innovación en el proceso productivo." (Gran complejo industrial japonés).
Tomado de Marcovitch, op. cit. pág. 29.

La transferencia de los resultados es fundamental para la continuidad y expansión del centro de I&D y por consiguiente es indispensable dinamizar e intensificar al máximo la comunicación e interacción entre I&D y las otras unidades de la empresa.

CUADRO 2 - ALGUNAS DIMENSIONES GERENCIALES CRITICAS EN LA GESTION DE UN LABORATORIO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

DIMENSION	PROBLEMA	SOLUCION O ALTERNATIVA
INSERCION DE LA UNIDAD EN LA EMPRESA	Mantener la unidad en un plano adecuado para facilitar su interacción con las otras unidades de la empresa.	- I&D centralizados a nivel de los otros departamentos - I&D descentralizados en las unidades productivas y coordinación y/o pequeño laboratorio central - I centralizada y D descentralizado
PLANIFICACION DE LAS ACTIVIDADES DE I&D	Definir los ejes de actividades de I&D y programar las actividades que se realizarán en el período, poniendo en marcha, cuando sea necesario, un proceso de evaluación y selección de proyectos.	Debe obtenerse tres conjuntos de informaciones: - plan estratégico (3-5 años) - programa de trabajo (1-2 años) - descripción de las actividades y proyectos (1 año)
SEGUIMIENTO Y CONTROL	Proporcionar a la administración superior y a los responsables de las unidades y proyectos, informaciones que permitan seguir la ejecución del programa de trabajo.	Sistema manual o computadorizado que permita revelar en forma sintética el desempeño técnico y gerencial de los proyectos y actividades.
GESTION DE RECURSOS HUMANOS	Proporcionar a la unidad el personal adecuado para la ejecución de sus objetivos, manteniendo en el mismo un elevado grado de motivación en un ambiente favorable a la innovación.	Salvo excepciones, las políticas de recursos humanos (promoción, remuneración, etc.) deben ser semejantes a las del resto de la empresa. En caso contrario, la movilidad entre I&D y las otras unidades se verá perjudicada.
ESTRUCTURACION	Distribución de la autoridad y responsabilidades, con el fin de que se pueda aprovechar adecuadamente las potencialidades para la obtención de resultados.	Alternativas (función, proyecto, matriz pura). Para unidades pequeñas y medias, la estructura funcional utilizando la gerencia por proyecto es la más apropiada.
ADMINISTRACION POR PROYECTO	Determinación de un responsable para cada objetivo asignándole el tiempo y los recursos necesarios para su ejecución.	Tanto en la planificación como en el seguimiento, la gestión por proyecto constituye un elemento facilitador que permite una mayor delegación. El gerente del proyecto debe combinar aptitudes técnicas con aptitudes gerenciales y debe tener la responsabilidad de ejecución del proyecto dentro de los límites programados.
TRANSFERENCIA DE RESULTADOS	Permitir el flujo rápido de los conocimientos de la unidad de I&D para las unidades interesadas.	Aumentar la interacción entre el personal de I&D y las otras unidades, así como la movilidad de los recursos humanos entre estas unidades.

Tomado de Marcovitch, J. "A Gestao do Centro de Tecnologia na Empresa: Alguns Aspectos Críticos", op. cit. pag. 31

Contratación externa de I&D

Cuando una empresa no dispone de suficiente capacidad en I&D, o cuando surgen problemas específicos que no justifican involucrar recursos internos, es necesario buscar recursos externos para satisfacer las necesidades técnicas. El desarrollo de un proyecto de I&D lleva tiempo, exige una planificación cuidadosa y recursos financieros considerables. Corresponde a la administración, al tomar sus decisiones, adecuar el volumen de I&D y su capacidad de ejecución, a la naturaleza y a las dimensiones globales de la organización. Otras consideraciones se refieren a la contribución potencial de I&D a los objetivos operacionales y al deseo de asegurar internamente el control sobre las actividades de I&D, a fin de proteger la posición de la empresa y mantener su competencia técnica. En casos especificos, y dependiendo de la naturaleza de la empresa, puede resultar ventajoso recurrir a organizaciones especializadas externas para la ejecución de partes de la tarea global. Si la actividad de I&D se organiza según el paradigma sistémico es posible asignar varios segmentos del programa a contratos externos. En esta situación, la capacidad de I&D interna se convierte básicamente en capacidad de gerencia de sistemas.

Las empresas externas de I&D así contratadas serán responsables del desarrollo de componentes, mientras que el sector interno de I&D coordina y evalúa.

En casos en que los clientes son organismos gubernamentales, puede estipularse por contrato que parte de las tareas de I&D se realizará mediante sub-contratación externa restringiendo así la extensión de la toma de decisión. Aunque no existan requisitos contractuales, puede ser conveniente contratar I&D fuera de la empresa, sea por motivos económicos, o bien por motivos de política científico-tecnológica, manteniendo en funcionamiento organizaciones-satélite de apoyo.

La selección de una organización externa de I&D es, sin embargo, un problema complejo, ya que constituye un servicio no estandarizado, de difícil comparación y cálculo en términos de costo/beneficio. Normalmente, el administrador tomará decisiones orientado por el desempeño anterior, la reputación de la empresa y, evidentemente, sus precios. No hay garantía, sin embargo, de que los resultados del pasado sean indicaciones válidas para el desempeño futuro, considerando que raras

veces dos proyectos de I&D son idénticos.

Cuando se trabaja con varios sub-contratantes, es absolutamente indispensable analizar y verificar, no solamente su competencia técnica, sino también su situación financiera, administración y capacidad productiva, porque la falla de uno sólo de esos factores en cumplir su tarea podrá afectar todo el programa. De todas maneras, la contratación con entidades externas en I&D representa una pérdida significativa del control sobre todo el proceso de I&D.

Otro aspecto importante, que hay que considerar en la contratación externa de la organización de I&D se refiere a la confidencialidad, cuando se desarrollan investigaciones que puedan llevar al registro de patentes como resultado de las actividades de I&D. Es necesario concebir y aplicar medidas de seguridad y protección, a fin de evitar que los eventuales resultados caigan en manos de los competidores. La extensión de las medidas de seguridad interna varía de acuerdo con el tipo de I&D, de la empresa y de la industria. En la mayoría de los casos se exige a los empleados en I&D ceder, en beneficio de la empresa, los derechos sobre cualquier idea o innovación futura que pueda llevar al registro de una patente.

LOS ESTUDIOS PROSPECTIVOS O DE FUTUROS: APOYO AL ANALISIS Y TOMA DE DECISIONES EN AMERICA LATINA

Rubén E. Nájera
Montevideo, 1986

I. INTRODUCCION

Este breve ensayo fue elaborado con el objeto primario de sintetizar aspectos globales relacionados con un tema sobre el cual mucho se comenta y poco se sabe en la actualidad en la región: el de la prospectiva o, como es denominado más claramente en otros idiomas, el de los estudios de futuros. El efecto demostrativo de uno de los países más grandes de América Latina, que se ha volcado al estudio de prospectivas tecnológicas, ha despertado un sano interés en planificadores e investigadores. La prospección, aunque joven, no es reciente y más de dos décadas de elaboración y experiencia ofrecen ya un significativo aporte de material bibliográfico todavía escaso en nuestro medio y poco traducido al español.

No se trata, sin embargo, de un tema altamente sofisticado apto para países en desarrollo únicamente. Salvo por algunas técnicas auxiliares que, además, no le son imprescindibles, la prospectiva significa fundamentalmente un cambio de actitud ante el desenvolvimiento de los eventos sobre los cuales se espera obtener algún control o capacidad de respuesta; implica, entonces, cambios de fondo en los métodos y mecanismos de toma de decisiones; requiere información, conocimiento y capacidad de análisis pero no recursos onerosos; y exige, básicamente, el reconocimiento de una dinámica diferente en el condicionamiento de futuros posibles. Es decir, no sólo no resulta inaccesible para países de menor desarrollo sino que ofrece medios más diversos para enfrentar uno de los problemas de fondo cruciales de nuestros países: la necesidad de reaccionar ante la velocidad de cambio del mundo moderno y por venir en el cual marchan cada vez más a la deriva.

El trabajo consta de dos partes y una reflexión final. En la primera parte se revisa la aproximación del tipo previsión que ha privado en los sistemas convencionales de planificación; la segunda sintetiza las principales características de la prospectiva. En este contraposición el enfoque de Godet ha privado como esclarecedor. La reflexión subraya las diferencias características de nuestros países y reitera los posibles beneficios del enfoque prospectivo en su estudio.

II. EL CONCEPTO DE PREVISION Y SUS LIMITACIONES

La noción de previsión fue introducida por primera vez en la economía por Lord Keynes; considerada por varios críticos como el aporte más revolucionario de la Teoría General, incorporó el dinamismo en la teoría económica y rompió con el esquema de una estructura pasiva y reiterante. Así, Keynes consideró que el tiempo que transcurre entre los costos de producción y las compras del consumidor obligan al productor a "prever, de la manera más perfecta posible, la suma que los consumidores estarán dispuestos a pagar cuando, en un lapso de tiempo que puede ser considerable, esté en disposición de satisfacerlos". Extrapolado del campo de la teoría de la conducta del consumidor, el concepto de previsión es básicamente el mismo en términos del proveedor de condiciones previstas (el Estado y su contraparte productiva), y de la sociedad que se verá beneficiada o perjudicada por ellas; esto, por supuesto, aparejado a otras condiciones en las que el mismo Keynes fue pionero como la necesidad de un cuerpo de políticas coherentes y de una forma inteligente de aplicarlas[1].

Godet, por su parte, señala tres nociones de previsión que, en rigor describen su evolución[2].

---

[1] Maurice Roy, Théorie Générale: Keynes (Hatier, Paris, 1972).

[2] Michel Godet, Crise de la prévision, Essor de la prospective (Presses universitaires de France, 1977).

La "previsión contingente" es de tipo doxológico y vernáculo y no amerita mayor consideración. La "previsión necesaria" refleja el espíritu de la noción keynesiana y es una consecuencia de la aceleración de los cambios; frente a esta aceleración dos tipos de previsión son factibles: la adaptativa, que "busca obtener el mejor partido de los cambios impuestos" y que se ha transformado en una disciplina por sí misma (el forecasting al que se hace referencia en seguida); y la activa, en la que se reconoce la capacidad humana para alterar y dirigir el rumbo de los cambios. La necesidad de la previsión es la que genera la acción planificadora[3]; de modo que "planificar obliga a prever, pero el establecimiento de previsiones conduce en cierta medida a planificar y (...) a emprender acciones correctivas". A la larga, ambos conceptos, el de planificación y el de previsión, tienden a intercambiarse de modo que incluso el modelaje sistémico es aplicable a ambas actividades[4]. La previsión adaptativa, en particular, genera, siempre según Godet, una concepción disciplinaria autónoma, de tipo parcelario; la previsión tecnológica (que se ocupa de estudiar las tendencias del cambio tecnológico y su impacto sobre la sociedad, los términos de intercambio, el comercio internacional y la estructura de la producción, entre otras cosas), es el mejor ejemplo, toda vez que el desarrollo de la ciencia y la técnica se considera como causa fundamental de la naturaleza característica de la sociedad contemporánea. La previsión tecnológica es una de las ramas más desarrolladas a nivel metodológico y, en países industrializados, es particularmente favorecida para el estudio del proceso innovativo en la industria.

Es por ello que las técnicas de previsión se han desarrollado más en este campo y han llegado a constituir la base de la planificación de los países de la OCDE y de las grandes corporaciones. Muchas de estas técnicas se han originado en requerimientos de defensa, son de uso común entre ingenieros y economistas, y constituyen un agrupamiento disciplinario bien definido[5].

La tercera categorización de previsión utilizada por Godet es, de hecho, la exposición de sus restricciones. Así, la previsión resulta insuficiente cuando es incapaz de prever, por ejemplo, crisis económicas para efrentar las cuales resulta muchas veces un obstáculo adicional.

La raíz de esta insuficiencia es la unidimensionalidad de la previsión y, en consecuencia, de la planificación. Esta unidimensionalidad se expresa en el hecho de que "los modelos se apoyen en supuestos cuantitativos del pasado, incompletos y plagados de errores (que) son incapaces de prever un porvenir que no se sitúa en la prolongación del pasado y (que es) cualitativamente diferente del presente". Más aún, "la confusión que reina con frecuencia entre previsión y planificación (es) particularmente reveladora del hecho de que el término previsión permanece impregnado (del sentido doxológico) de la predicción, buscándose revelar un porvenir tan predeterminado y único como el pasado"[6].

---

[3] Las etiquetas de economía de mercado y planificada impuestas a los modos de producción capitalista y socialista han creado la falsa imagen de que los sistemas de planificación de algunos países son de factura socialista cuando, en rigor, su existencia corresponde a una modalidad operativa del Estado y no condiciona el modo de producción.

[4] Véase, por ejemplo, F. Snickars and A. Granholm, A Multiregional Planning and Forecasting Model with Special Regard to the Public Sector (IIASA, Laxemburg, 1982). De gran interés son también los documentos de la reunión de Bellagio sobre previsión y planificación a largo plazo publicados por Erich Jantsch con el título Prospective et Politique (OCDE, Paris, 1969).

[5] Una valiosa síntesis ha sido dada por H.W. Lanford en H.W. Lanford y B.C.T. Wiss: Previsión tecnológica y planificación a largo plazo (Deusto, Bilbao 1976).

[6] Godet, op. cit.

Más particularmente, por último, Godet agrupa los errores propios de la previsión (y, por ende, la planificación) clásica, en dos tipos. El primero se refiere a los errores válidos, imputables a circunstancias como la velocidad del cambio, el efecto del anuncio (es decir, el cambio inducido por la enunciación de la previsión), la inexactitud de los supuestos, las simplicaciones arbitrarias, el error de interpretación y los obstáculos epistemológicos (es decir, el hecho de tratar temas que no son competencia de la especialidad del investigador). El segundo tipo, el de los errores específicos, es inherente a las premisas y funcionalidad de la previsión misma. Se incluyen: la visión adoptada, que es forzosamente parcial; la suposición de relaciones estáticas entre las variables; el supuesto de que el pasado explica el porvenir; el supuesto de que existe únicamente un futuro y que éste es el certero; el hecho de que los modelos utilizados son de tipo cuantitativo y determinista, y han conducido, en no pocos casos, a la transformación de los modelos en "esquemas deformantes de la realidad".

Se ha insistido en esta visión crítica de Godet por ser la más clara y evidente y porque con ella es posible trasladarse a la opción metodológica de la prospectiva o prospección.

III. LA PROSPECTIVA Y SUS PERSPECTIVAS

La radical transformación del futuro en un elemento variable, probabilístico y previsible, es una consecuencia del proceso de incorporación de la ciencia a todos los aspectos de la sociedad. La revolución científico-tecnológica, que marca, en los alrededores de la primera guerra mundial, la evolución de la sociedad industrializada hacia el dominio de la gran empresa despersonalizada, condujo no sólo a la incorporación de la I&D al proceso productivo (o la adscripción de la ciencia al capital, en términos de economía política[7]) sino a una revolución más profunda en la administración del proceso productivo que se fijó como objetivo "la eliminación de elementos de azar o accidente y la consecución de todos los fines deseados de acuerdo con el conocimiento derivado de la investigación científica de hasta el más pequeño detalle del trabajo..."[8].

En términos generales, Picht[9] resume en cuatro los "estados de cosas" que describen el efecto de la ciencia en la sociedad:

1) la integración de la técnica y la ciencia, que da cuenta de la rapidez de las modificaciones en la historia contemporánea del futuro;

2) la hondura de estas modificaciones y su extensión y difusión a todos los niveles de la sociedad;

3) el debilitamiento de la concepción territorial del Estado y, en consecuencia, la virtual supresión de barreras frente a las posibilidades del ejercicio del poder; y

4) las crecientes dificultades de prever las consecuencias de un mundo técnico inestable, concebida esta inestabilidad como inherente al proceso mismo.

---

[7] Harry Braverman, Labor and Monopoly Capital: The degradation of work in the twentieth century (Monthly Review Press, New York, London, 1974).

[8] H.L. Gantt, citado por Braverman, op. cit.

[9] Georg Picht, Frente a la utopía (Plaza y Janés, Barcelona, 1974).

Esta transformación de la sociedad por vía de la ciencia fue el objeto de los primeros estudios de futuros: las evaluaciones sobre los impactos sociales de la ciencia. Aunque sin definiciones metodológicas preestablecidas y basándose en la intuición enriquecida por elementos epistemológicos, existen importantes trabajos que pueden considerarse pioneros y cuyos enfoques oscilan desde los ilustrados ensayos de Bertrand Russell hasta el marxismo neo-kantiano de Herbert Marcuse[10]. La concreción de la prospección y de los estudios de futuros como disciplina, data apenas de la segunda guerra mundial que, entre otras cosas, fue campo de experimentación para nuevas técnicas de proyección, programación y previsión.

La diversidad de orígenes es notoria en la terminología que define este tipo de estudios. Así, Picht atribuye la futurología como nueva ciencia a Ossip K. Flechtheim; Godet adjudica el término prospectiva (galicismo por prospección) a Gastón Berger; y el concepto de escenario, favorecido por diversas agencias suecas, data de los cincuenta y fue usado por Herman Kahn y la Rand Corporation de los EE.UU. para "visualizar varios posibles amenazas futuras en la esfera militar"[11]. El nombre genérico es, también, variable y, mientras los escandinavos se refieren con más frecuencia a los estudios de futuros (en plural, para enfatizar el hecho de que el futuro no es único), los franceses y los brasileños se remiten al de prospectiva. Adicionalmente hay que señalar el tipo de "informes" elaborados para el gobierno norteamericano o para el Club de Roma por comisiones ad-hoc que siguen, en principio, una mecánica similar a la del método Delfos (consulta a notables), así como informes de tipo individual, algunos bastante populares[12]. Por los problemas metodológicos y los repetidos cuestionarios de que los informes han sido objeto, éstos no se consideran aquí dentro del genérico estudios de futuros o de prospectiva.

Las características de la prospectiva como una modalidad de previsión "global, cualitativa y múltiple", son sintetizados por Godet[13] de la siguiente forma:

1) una visión global, que permite estudiar los fenómenos en su complejidad e interdependencia, y reubicarlos en el sistema social y económico al que pertenecen;

---

[10] Bertrand Russell, The impact of science on society (Unwin, London, 1976); Herbert Marcuse, The One-dimensional Man: Studies on the Ideology of Industrial Advanced Societies (Beacon Press, New York, 1977). Un ejemplo pionero es el de Nicolas Berdaieff, Destin de l'homme dans le monde actuel (Pour comprendre notre temps) (Librairie Stock, Paris, 1936). La bibliografía sobre el tema de ciencia, sociedad y cultura es sumamente extensa. Un programa de evaluación del impacto de la tecnología en la sociedad ha sido emprendido por la OCDE desde 1972.

[11] Georg Picht, op. cit.; Godet, op. cit.; Janerik Gidlund et al., Choosing local futures (Swedish Council for Building Research, Stockholm, 1985).

[12] El primer informe al Club de Roma, el Informe Meadows sobre Los límites del crecimiento (Fondo de cultura económica, México, 1972) produjo gran impacto por varias razones, en particular el uso de la computadora y sus previsiones catastróficas criticadas por un "contra-informe" de la Fundación Bariloche. Un segundo e igualmente cuestionado informe es el de la Comisión Brandt para las Naciones Unidas sobre el Diálogo Norte/Sur. Ambos casos han sido seguidos por sendas secuelas de informes adicionales. El informe de la Comisión Barney para el presidente Carter (1980), El mundo en el año 2000, también tuvo efectos alarmistas. Las obras de Alvin Toffler (El shock del futuro y La Tercera ola) son los mejores ejemplos de la futurología popular y tienen elementos rescatables. En todos priva, sin embargo, una implícita percepción del tercer mundo como amenaza para los países industrializados que debe tenerse en cuenta como elemento distorsionante del análisis.

[13] Godet, op. cit.

2) la inclusión de variables cualitativas, sean cuantificables o no, ya que es su exclusión la que puede alterar la previsión; subjetivas, puesto que incluyen juicios sobre la ocurrencia posible de eventos y sus influencias recíprocas; y tanto conocidas como ocultas, puesto que no es válido asumir conclusiones a priori;

3) la consideración de relaciones dinámicas en contraposición a supuestos que las hacen fijas;

4) la premisa fundamental de que el futuro es múltiple e incierto; múltiple, porque está en función de los hechos del presente; e incierto, puesto que sus posibilidades son sólo previsibles pero no claramente determinables; en otras palabras, el futuro se construye por voluntad humana;[14]

5) la concepción del futuro como razón de ser del presente, en contraposición a la insostenible posición de que la historia es una fuerza natural, extrahumana y determinista en la cual el futuro está predeterminado por el pasado; y

6) el análisis intencional que implica, precisamente, involucrar la voluntad humana, "restituir, a la acción humana el lugar que le corresponde en el proceso de creación del porvenir".

Los objetivos de la prospectiva, a su vez, se sintetizan en tres:

"1) La exploración de los futuros posibles, es decir, todo lo que la imaginación permite visualizar.

"2) La delimitación de los futuros realizables, es decir, todo lo que es posible teniendo en cuenta las restricciones materiales, humanas y temporales.

"3) La especificación de los futuros deseables en relación con los criterios de aquél o aquéllos (sujetos) que se cuestionan acerca del porvenir (i.e., los usuarios de la prospectiva: gobiernos, planificadores, municipalidades, etc.)".[15]

En este sentido, los estudios prospectivos se constituyen en un mecanismo de investigación a nivel gubernamental puesto que, como proceso, significan una base más amplia y diversificada para la toma de decisiones políticas y son un medio de promoción de la toma de conciencia y de la participación de la sociedad[16].

Como se ha dicho, las técnicas de apoyo a la previsión son igualmente útiles para la prospección aunque mucho menos suficientes. El fundamento metodológico de la prospectiva es el escenario[17]. "La creación de escenarios es una forma de tratar de 'plotear' el campo de amenazas y oportunidades potenciales y futuras y de indicar, así, los límites dentro de los cuales debemos tratar de estas preparados[18]".

---

[14] Según como se define la participación humana, los enfoques de prospectiva se dividen en una escuela americana (la de los informes), que considera el futuro como inevitable, y otra europea que lo define como modificable. Gidlund, op. cit. La inevitabilidad del futuro, obviamente, restringe el ámbito de las acciones humanas a la defensa adaptativa.

[15] Godet, op. cit.

[16] Sin que esto sea óbice para abordar estudios de prospección parcial (temática o sectorial) lo que, por otro lado, es la base de la metodología sueca. Secretariat for Future Studies, The Future Works! (Stockholm, 1982).

[17] La terminología y algunos ejercicios de simulación de los estudios de futuros prestan mucho al teatro y a sus técnicas.

[18] Gidlund, op. cit.

Porto agrupa los componentes o "ingredientes" de un escenario en cinco: una "filosofía" del sistema considerado, un conjunto de variables o factores clave, un conjunto de actores, un conjunto de escenas que configuran la situación del sistema en diversos momentos y una trayectoria que es el curso del sistema desde la escena inicial hasta la final[19].

No es objeto de este trabajo entrar en la discusión metodológica; baste indicar que la prospección se beneficia de diversas técnicas cuantitativas y cualitativas, incluidas el análisis de sistemas y la investigación de operaciones, y que en su diversidad radica su versatilidad. Por su parte, la técnica de construcción de escenarios ha evolucionado significativamente desde Kahn y, en principio, cada nueva aplicación induce una modificación metodológica. Como técnicas auxiliares a la construcción de escenarios, el mismo Porto describe diez que aumentan la lista de Lanford para la previsión: consulta a especialistas, asociaciones cruzadas, análisis estructural, flujogramas y grafos, estructuras arbóreas, enfoque sistémico, impactos cruzados, el método Delfos, el Brainstorming y la investigación morfológica.

El aspecto metodológico es, con todo y las dificultades derivadas de deficiencias formativas y de experiencia, secundario. El problema básico en la implementación de estudios prospectivos es la receptividad a una nueva técnica y la respuesta de la tecnocracia a un necesario cambio de actitud respecto a 1) la noción de un futuro afectado por el presente y por las decisiones de hoy, y 2) la posibilidad de actuar correctivamente sobre el futuro.

IV. PROSPECCION Y PAISES EN DESARROLLO

Los estudios de prospectiva o de futuros (al igual que muchas técnicas de previsión, planificación y programación) fueron utilizados inicialmente para fines de producción y/o de defensa. La prospectiva como apoyo de la toma de decisiones políticas se emplea regularmente desde hace varios años en los países de la OCDE y, en la región latinoamericana, un equipo brasileño ha sido pionero en el campo de la prospectiva tecnológica y ha producido ya algún efecto demostración sobre otros países[20].

La limitada incursión de los países en desarrollo en este tema tiene varias explicaciones. Una de las más significativas es la internalización de una idea rígida del futuro. En efecto, es característico suponer, en el marco de un esquema etnocentrista que impone las etapas de subdesarrollo ----> vías de desarrollo ----> desarrollo, que la secuencia de la evolución de las sociedades llamadas subdesarrolladas debe conducir forzosamente a un cuadro equivalente al de las sociedades industriales avanzadas o, en su defecto, a un fracaso total. El hecho es que "la economía de los países hoy día industrializados no comporta ninguna de las características esenciales de la economía de los países llamados 'subdesarrollados' (...). Los países hoy día industrializados no eran países económicamente dependientes. La estructura de su producción no comportaba algunos sectores hipertrofiados estrechamente ligados a algunos mercados extranjeros y fuertemente penetrados por capitales igualmente extranjeros.

---

[19] Claudio Americo Porto, Construçao de cenários e prospecçao de futuros (Brasilia, 1985, fotocopias).

[20] En 1977 Juan Socías ("El futuro como ciencia y América Latina", en Interciencia, Vol. 2 Nº 1) estimaba en más de 40 los centros especializados en estudios de futuros. Un programa de previsión y evaluación en el campo de la ciencia y la tecnología, el FAST (siglas de Forecasting and Assessment in Science and Technology) opera en la CEE desde 1978. El equipo brasileño se integró en 1982 y tiene su sede en la Universidad de Campinas, en San Pablo. El tema del futuro de la ciencia formó parte de la agenda de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (Viena, 1979). Véase también John Irvine and Ben R. Martin: Foresight in Science-Picking the Winners (Frances Pinter, London and Dover, 1984) que presenta análisis de casos de países desrrollados en ese campo.

Esas economías no se desarrollaron ni se estancaron según evolucionaba el mercado mundial de tal o cual materia prima o producto agrícola, etc., etc."[21]. Hasta los análisis más someros de las perspectivas latinoamericanas conducen a una afirmación contundente: en el futuro nuestra sociedad no tendrá características similares a las de las sociedades industrializadas. Nuestro futuro queda por determinar e ignoramos siquiera nuestras posibilidades y los grados de libertad (reducidos día a día a raíz de la toma de decisiones azarosas) con que contamos.

Otra explicación radica, no tanto en la dificultad de poner en marcha técnicas de previsión sólo aparentemente inaccesibles, como en el recelo a técnicas modernas, cualesquiera que éstas sean (aunque por otro lado, como en el caso de la informática, produzcan, una vez aceptadas, adeptos incondicionales). Argumentos válidos para limitar la transferencia de tecnologías modernas a países con problemas de empleo no se aplican, por supuesto, a casos en los que el país gana en términos de su capacidad de administrarse, de definir sus propias perspectivas, de responsabilizarse por las consecuencias posibles de sus decisiones políticas.

Desde este punto de vista, la experimentación, aplicación y adaptación de técnicas prospectivas modernas y la incorporación de equipos de trabajo nacionales y regionales en los sistemas de planificación y en los organismos regionales, son todavía más imperativa s en los países en desarrollo que en los desarrollados.

---

[21] C. Bettelheim, Planification et croissance accélérée (Ed. Maspero, 1970) en Pays sous-développés ou pays en voie de développement, dossier par J-F. Couet et J. Brémond (Hatier, Paris, 1978).

Foresight in Science

Picking the Winners

John Irvine and Ben R. Martin

Frances Pinter (Publishers)
London and Dover, N.H.

8 Conclusions: future options for picking scientific winners

8.1 Approaches to research forecasting: a summary

Our main aim in this final chapter is to draw overall conclusions as to the most promising options available to government for picking future 'scientific winners'. This entails consideration not just of the methods for identifying promising areas of science, but also of the institutional procedures and responsibilities required for their successful implementation—for example, the respective roles of government departments, research-funding agencies, industry and the scientific community (including its professional organisations). Although we concentrate on setting out some suggestions as to how Britain in particular might best develop its longer-term foresight activities, our proposals do, we shall argue, also have some general relevance to the problems currently facing many Western countries.

We began in the first chapter by explaining how the development of new technology-based industries has resulted in additional demands being placed on the state-funded infrastructure for R & D. A significant part of the basic research underway in academic and government establishments has begun to acquire increased strategic importance, while at the same time firms in certain industrial sectors now see the need to undertake appreciably more basic research. The latter clearly has implications for the type of R & D support that the state should provide, with funding for large-scale 'collective research' programmes relating to new basic technologies assuming greater significance. Governments have therefore begun to find themselves having to make new choices as to how to allocate the resources available for research. One question that is now assuming particular prominence is whether it is possible to identify accurately and at an early stage those newly emerging areas of strategic research that will provide the knowledge-base for the technologies and industries of tomorrow. Clearly, if targeted support can be made available promptly to academic, government and industrial research laboratories, this could constitute a particularly effective use of the inevitably limited government funds for R & D.

In subsequent chapters, we went on to explore the lessons that may be drawn from past experience with a variety of approaches to research forecasting. In Chapter 2, we first considered what can be learnt from retrospective analyses of the roles of curiosity-orientated science, strategic research and applied R & D in the innovation process. Although the lessons from history are by no means unambiguous, we were able to conclude that they provide some support for the viability of undertaking longer-term forecasting activities in relation to emerging areas of strategic research. In contrast, we concluded that the prediction of radical new breakthroughs stemming from curiosity-orientated research is far less feasible, and is therefore probably not a worthwhile pursuit for governments or research-funding agencies.

This analysis of the interface between basic research and industrial R & D provided the theoretical background to the next four chapters which considered, in turn, experiences with research forecasting in France, West Germany, the United States and Japan, while Chapter 7 synthesised some general lessons about the techniques and procedures most likely (or unlikely) to yield satisfactory results. The integration of 'science-push' and 'demand-pull' perspectives is, as we have seen, generally a prerequisite for success. Equally importantly, although various formal forecasting techniques (along with specialised consultancy organisations) are now available, these should be used with caution. They must not be employed in isolation but integrated into a wider process involving the relevant research communities (in government, academia and industry) and addressing concrete and clearly formulated policy aims (such as informing decisions over the distribution of R & D funds). In addition, the previous chapter discussed the strengths and weaknesses of the different approaches used in the foresight exercises considered in our review—for example, the problems often encountered in surveys of specific fields of science based solely on the views of a narrow constituency of academic scientists. However, if there is one overriding lesson that emerges from our study, it is the desirability of integrating, as the Japanese have done, the forecasting efforts of government, funding-agencies, and industry, something which can only be achieved by drawing in wide sections of the research community.

On the basis of our findings, it would now be possible to put forward a set of guidelines as to how an individual ministry of industry or national science agency, for example, might most effectively attempt to improve its foresight efforts. That we have chosen not to do this is partly out of a desire to avoid repeating much of

the detail contained in the last chapter, but more importantly because we feel it might divert attention from what is in our view the central problem confronting science-policy makers in most Western countries. This concerns the need to develop (a) the knowledge-base required to help determine overall priorities for publicly-funded strategic research, and (b) appropriate mechanisms for co-ordinating research in government laboratories and universities with infra-structural R & D support for industry. As we saw in Chapters 6 and 7, experience in Japan suggests that the crucial first step may well be to initiate macro-level forecasts of the type pioneered by the Science and Technology Agency. In the absence of the holistic over-view which they provide, isolated attempts to carry out longer-term strategic research forecasts—whether by research-funding agencies, individual government departments, industrial associations or firms —are likely to meet, at best, with mixed success.

In what follows, we discuss how one particular country, namely Britain, might set about engaging in a greater degree of macro-level forecasting, and describe some of the institutional implications involved. Although the focus is very much on Britain, most industrialised nations (apart from Japan) could in our view benefit substantially from increasing their foresight activities in the way described. Consequently, the options put forward should be of more general interest, at the same time as serving to illustrate in a concrete manner the types of action required.

It must be stressed at this point that, unlike what has gone before, much of what we have to say in this concluding chapter is necessarily a personal view. What follows is in no way intended to constitute a comprehensive set of recommendations. The proposals put forward are provisional ones and will no doubt be developed further through debate. We see their main function as providing no more than a framework for future discussion on these vital issues.

8.2 Macro-level strategic research forecasting: an option for Britain

If our views about research forecasting are in any way biased, this is almost certainly because of our experiences in Japan. While the interviews we undertook in France, West Germany and the United States on balance revealed considerable scepticism about the accuracy achievable in longer-term strategic forecasting, and indeed about the utility of such exercises, few such doubts were expressed in Japan. Officials in government agencies and firms alike were convinced that formal, detailed and extensive research forecasting is absolutely

essential to continued economic progress. The reason for this belief is the almost universal acceptance that technological innovation constitutes a major (perhaps even the most important) determinant of continued economic and social progress. In this respect, it is worth restating part of the quotation from section 6.3.1 in which those responsible for the first Science and Technology Agency thirty-year forecast put their case so persuasively and unequivocally.

> Science and technology are . . . *the* prime movers of our socioeconomic development now, and it would be no exaggeration to say that they will bring about *all* the major future growth and advances of the nation. In view of this . . . it is essential to formulate a long range plan . . . [for] science and technology . . . In framing such a plan, it is most important to foresee likely future socioeconomic changes and to pinpoint those branches of science and technology which will meet renewed requirements. [STA, 1972, p. 7, emphasis added.]

Even if one accepts only the general tenor of this Japanese view, then it follows that the difference in the level of scientific foresight activities between Japan and other industrialised nations revealed very clearly in this study must be seen as *one* of the factors (and clearly there are many others of significance) contributing to the country's markedly better performance over recent years in technology-based industrial sectors. (Particularly alarming evidence on the deteriorating technological position of European nations can be found in a recent survey reported in *The Wall Street Journal*, 1984.) Although the above Japanese view can be criticised for implying an excessive degree of technological determinism—it takes insufficient account, for example, of the extent to which deliberate political and social decisions should structure choices relating to the industrial and technological future—we do have some sympathy with the argument that a strong science-based economy is essential for industrialised countries whatever type of future is chosen as desirable. Hence, the main proposal that we offer can be stated very briefly: the United Kingdom (and probably most Western industrial nations as well) should attempt to bring its level of longer-term foresight activities up to that found in Japan. In our view, the key first step towards achieving this end involves the initiation of macro-level forecasting to inform overall government planning (especially in relation to the allocation of resources for strategic research) while at the same time aiding and encouraging industry to increase its own foresight activities.

However, while long-term forecasting may have a potentially valuable role to play in helping establish government policies for science and technology (including those relating to the provision of

infrastructural support for industrial R & D), the possibilities that it will be carried out poorly or ineffectively are appreciable. This is amply demonstrated by the unsatisfactory experiences recorded in many of the agencies and organisations visited in the course of our study. Consequently, for the remainder of this chapter we shall assume the reader is prepared to accept our conclusion that the overall volume of macro-level foresight activity should be increased in the United Kingdom, and instead concentrate on attempting to map out an approach for achieving this that avoids the most serious pitfalls revealed by experience in other countries. We shall consider in turn a number of conditions that must be met if such long-term forecasting is to be both accurate and useful. These conditions can be divided into a number of categories relating to (a) the aims of the forecast, (b) the general nature of macro-level foresight activities by government, (c) the process for carrying out specific forecasts, and (d) putting foresight activities on a permanent and routine basis.

8.2.1 *The aims of macro-level forecasting*

The first condition is that the aims of any foresight activity must be clearly specified. Forecasts carried out without definite objectives will almost certainly have little or no impact, however accurate the predictions they may contain. In the case of Britain, we suggest three principal aims for centrally co-ordinated macro-level foresight activity.

(1) The planned research forecast should inform those concerned with the allocation of the government's 'Science Budget' (which is used to support most areas of academic research in Britain through grants disbursed by five Research Councils, as well as a number of Research Council laboratories—for details, see Ronayne, 1984, pp. 128–41), in particular those who have to decide on the distribution of funds between broad fields of science. The intention would be to provide the responsible body, the Advisory Board for the Research Councils (ABRC) and the relevant ministry (the Department of Education and Science, DES), with background information of assistance in developing a more holistic perspective on basic research, enabling them to see when particular fields are beginning to take on a strategic character. In this way, ABRC, DES, and the five Research Councils would be in a position to introduce external technological and economic criteria to a greater extent into policy-making (while still preserving the requirement that detailed funding decisions on individual programmes and projects be

made primarily according to intrinsic scientific merit). Above all, it is essential to avoid a field-by-field approach to research forecasting, since this is almost certain to encounter problems similar to those associated with the COSPUP surveys and 'Research Briefings' undertaken in the United States (see Chapter 5).

(2) Another aim is that any such forecast should inform government ministries with responsibilities for funding strategic and applied industrial research about the possibilities for establishing co-operative research programmes likely to be central in developing new 'core' or 'generic' technologies. In Britain, the Department of Trade and Industry is particularly important because of the role of its various Requirements Boards in relation to strategic and applied industrial research, and because of its initiatives in new technological growth areas such as the 'Alvey Programme' on information technology.

(3) The final aim of centrally co-ordinated macro-level forecasting should be to popularise the notion of looking into the future, demonstrating that longer-term foresight activities are both possible and useful. The intention here would be to persuade policy-makers in ministries, research councils, firms and research associations, among others, of the benefits of such forecasts, thus encouraging them to build up their own foresight activities focusing on more specific issues. The latter has certainly been one of the long-term effects of the forecasts carried out by the Science and Technology Agency. Another benefit that we would also expect to result from an STA-type forecast as proposed here is the encouragement of better communication among industry, government and academia, with a resulting increase in the degree of consensus on national priorities for basic research. As noted at the end of section 7.3, the Japanese regard this function of macro-level foresight activities as no less important than the actual forecasts themselves.

8.2.2 *General nature of macro-level forecasting*

Having established the overall aims of our proposed forecasting initiative, let us now consider the format it should ideally take. There are six main aspects to this.

(1) Assuming that the initial forecasting exercise proves reasonably successful, subsequent forecasts need to be carried out *regularly*, perhaps every three to five years. This is essential given the rapid pace of advance witnessed in certain areas of research and technology over the last few years.

(2) The forecast should cover *all areas of research* so that a holistic perspective can be developed, thereby facilitating the early recognition of cross-field linkages and emerging areas of strategic research and basic technology. Forecasts focusing on individual fields, in contrast, too often tend to become dominated by existing vested interests, as we have seen in previous chapters. Furthermore, because they focus on institutionally defined 'fields' (the boundaries of which may no longer reflect current research practices), they frequently ignore newly developing interdisciplinary areas.

(3) Despite its wide scope, the forecast should be comparatively *inexpensive*. The experience of the Japanese Science and Technology Agency shows that very ambitious long-term forecasts can still be carried out relatively cheaply. In contrast, the fact that several of the more narrowly focused COSPUP field-surveys failed to meet this criterion of cheapness was one reason why they were widely criticised by the US policy-makers whom we interviewed.

(4) One very important condition is that those chosen to participate in the questionnaire surveys required in a forecast of the sort envisaged should not be 'delegates' representing institutions or research areas (a situation militating against the possibility of identifying inter-field priorities). Nor should they consist entirely of distinguished elder 'statesmen' of science at the tail-end of their careers. Rather they should primarily be chosen from among *active and highly regarded researchers* covering the full range of scientific fields and industrial sectors. As such, the forecast would essentially be a 'bottom-up' exercise, synthesising and integrating the views of knowledgeable experts in industry and gifted basic scientists who are often already engaged in informal monitoring and forecasting activities within their own individual spheres of interest. Again, the experience of the Science and Technology Agency suggests that about half should be drawn from industry, one-third from universities and government laboratories, while the remainder should include policy-makers, technological forecasters, science commentators and social scientists. Particular efforts should be made to ensure that younger researchers are well represented.

(5) Control of the forecasting exercise should not be handed over to professional consultants even though they may be brought in to assist with the survey. Nor for the reasons discussed in Chapter 7 should responsibility be devolved to the basic science community, in particular the national academy of sciences (the

Royal Society in the case of Britain), although it should clearly be involved. Because of the need to involve all ministries with significant R & D interests, macro-level forecasts must be organised centrally at a super-ministerial level. In Britain, this might entail overall co-ordination by the Cabinet Office, with strong participation by both ACARD (whose role is to provide independent advice to government on more applied research and development) and the ABRC. It could not be carried out solely by ACARD (the remit of which does not extend to many of the more basic areas of publicly funded research), while if responsibility were devolved to ABRC alone it would run the danger of suffering the same fate as the *Five-Year Outlooks* in the United States (see section 5.4).

(6) Finally, all those participating in the forecast need to be assured that their *views will be treated confidentially* and reported only in the form of aggregate statistics. Without such an assurance, industrial researchers in particular may feel it necessary to 'clear' their responses with senior management before submitting them, and as we saw in Chapter 6 this can lead to conservatively biased views about the future.

8.2.3 *Procedures for undertaking the macro-level forecast*

The third set of specifications relates to the actual process of carrying out the type of long-term research forecast advocated here, particularly the first time it is attempted. Again, the approach adopted in most Japanese forecasts provides a useful model. We would envisage the exercise proceeding in several stages. First, a competent working group (and not just a supervisory committee) needs to be set up, consisting of those who would actually be responsible for organising the study. The level of effort required is probably such that core members of the working group would need to be temporarily seconded from their present employment (in industry, government or academia) for a few months.

The next stage required can best be described as a systematic 'ransacking' exercise, gathering together on a world-wide basis the results generated by all recent forecasts (in particular, those by government departments and funding agencies in leading industrial nations). Major British science-based firms might even be persuaded to reveal (again on a confidential basis) the results of forecasts that they have recently commissioned or purchased as part of a multi-client package, as well as being approached to provide the working group with useful assistance on technological intelligence-gathering

(for example, on major research programmes of long-term industrial significance underway in high-technology companies abroad).

On this basis, the working group would acquire the background information needed to proceed to the next stage of preparing the questionnaire to be used in the survey. It might, however, first be necessary to carry out a limited number of interviews with especially well-informed researchers (perhaps two or three for each of the main industrial sectors) in order to establish more precisely the issues on which the questionnaire should focus. In addition, a two-stage survey procedure would probably be required the first time the forecast was attempted, with a preliminary questionnaire being sent out containing relatively open-ended questions. The experts to whom it was sent would be asked to identify (a) current 'state-of-the-art' technologies in their industry (or, for academic and government researchers, the industrial sectors most likely to draw upon the results of their basic research); (b) possible new technologies in the sectors identified and the types of product group or production process on which they might impact; (c) areas of strategic research with some long-term potential relevance to the sector; and (d) the areas of more basic research that show promise of providing important inputs over coming years to the strategic research areas identified in (c). The results of this preliminary survey would then be used to compile a second questionnaire, the aim of which would be to obtain more detailed information on such questions as (i) the relative importance of different areas of strategic research (both existing and newly emerging); (ii) the likely time-scale before they begin to yield technological benefits; (iii) appropriate support mechanisms by which government (together with industry) might accelerate their development; and (iv) the competence of individual respondents to pass judgement on the particular research areas on which they have commented.

In order to cover the full range of scientific fields and industrial sectors adequately, the questionnaire should be sent to a large number of experts, in particular active industrial researchers, academics and research managers. Japanese experience suggests that at least a thousand responses would be required to ensure the necessary breadth of coverage, provided that sufficient care is taken to ensure representative sampling. As we have emphasised in several places earlier, this wide-ranging involvement of expert opinion would have the additional benefit of generating the level of commitment within the research community needed to ensure that the results of the forecast are integrated into subsequent decisions on research policy in both government and industry.

Finally, the overall results of the survey would be analysed and a preliminary report prepared. This should be circulated widely, with the resulting comments being used in the compilation of the final version for publication.

8.2.4 *Establishing macro-level forecasting on a continuing basis*

The final set of conditions we see as necessary for the success of our proposed forecasting initiative concerns the means by which such forecasts, once begun, can be organised successfully on a regular basis and be guaranteed to have a substantive impact on policy throughout the national R & D system. The first condition that needs to be met is the existence of detailed and up-to-date R & D statistics. Without such data, research forecasts stand little chance of being accurate. Unfortunately, despite having once been the world-leader in this field, Britain now has the dubious distinction of being among the industrialised nations with the least satisfactory statistics on research activity and output. The difference between Britain and Japan is especially marked. Whereas there is a delay of only twelve months or so before most Japanese data for the preceding year become available, in Britain the most recent statistical series have often tended to be two, three or even four years out of date.[1] Attempting to make predictions and decisions on such a basis obviously imposes a substantial and completely unnecessary handicap on policy-makers in Britain.

Similar considerations apply in relation to the coverage of R & D statistics. Clearly, longer-term forecasting requires several types of information, in particular comprehensive data on the inputs to research (whether carried out in firms, academia or government establishments), preferably in a form where valid comparisons can be drawn with other countries.[2] Regular statistics on important subjects, such as qualified practising scientists and engineers broken down by sector, have also been lacking in the United Kingdom over recent years. In addition, research forecasting requires output data, and this is another area where Britain needs to improve its efforts (for a review of the limited extent to which research evaluation is carried out in the UK, see Irvine, Martin and Oldham, 1983), perhaps exploring the approaches being pioneered by organisations such as CHI Research (see section 5.6). In particular, greater emphasis needs to be given to monitoring research activities abroad. In the past, perhaps because of a feeling that Britain was one of the world's scientific leaders and therefore had little to learn from others, only minimal attention was given to monitoring foreign research. Now that Britain undertakes only about 5 per cent of the world's scientific

and technological activities, this previous neglect of monitoring must be rectified. (Indeed, besides monitoring research, there is also a need to keep abreast of the latest approaches to forecasting used in overseas countries, particularly Japan, the clear world-leader in this area.) In parallel with initiating macro-level research forecasting, government should in our view make it a priority to catalyse and support initiatives to develop more extensive indigenous data banks (on the scientific literature, patents, general technological information and so on) comparable to those existing in the United States and Japan.

Besides developing better R & D data, a second pressing requirement for setting longer-term research forecasting on to a permanent and routine basis is for government to promote the development of wide-ranging foresight activities at lower levels in the R & D system. It is clear from the case of Japan that the forecasting undertaken by MITI and STA benefits considerably from the existence of more detailed forecasts commissioned individually by firms or collectively by industrial associations. To stimulate such lower-level forecasting may initially require the provision of incentives (financial or otherwise), but ultimately British firms would surely come to appreciate like their Japanese counterparts the benefits of systematic longer-term forecasting, and would therefore elect to give such activities greater emphasis. Similarly, ministries and research-funding agencies would not only need to be involved in macro-level forecasting, but should also be encouraged to carry out more specific foresight activities relevant to their own research responsibilities.

We are fully aware that some may argue that the proposals advocated here involve a centralised approach to research planning incompatible with a British tradition of liberal pluralism. Others may contend that the Japanese approach to foresight activities depends upon highly specific features of their society and political culture. In our view, both these potential criticisms are misplaced. As regards the first, we would again re-emphasise that Japanese foresight activities depend upon the adoption of a 'bottom-up' approach, and do not require the acceptance of a high degree of centralised direction. As for the second, we would merely point out that, when the initial STA forecast was carried out at the beginning of the 1970s, relatively little interest in the long-term technological future was to be found in Japanese industry. It was the success of this and subsequent forecasts that played a part in convincing firms of the need to carry out their own, more specific forecasts which (as we saw in Chapter 6) have in turn helped improve the macro-level forecasts. There is in our view no reason why firms

in Britain cannot be similarly 'won over'. Furthermore, with basic research becoming increasingly important to industry, the fact that much of this is funded and carried out within the public sector means that industry and government must of necessity learn to work more closely together in the future to ensure that research priorities are in accord with the technological needs of new science-based industries.

In conclusion, it is clear from the results of this study that the period between now and the end of the century will witness major changes in the structure of advanced nations' economies as new industries emerge and other, more mature ones are transformed by new technologies. Those new technologies will draw increasingly upon strategic research, and in turn upon areas currently seen as curiosity-orientated in nature. It was the recognition of this, together with a feeling that too many of the industrial and economic benefits derived from British contributions to basic research over past years have subsequently been appropriated by other countries, which formed the background to the commissioning of the study on which this book is based. Hopefully, its publication will play some part in stimulating wider debate on these vital issues. While there are no ready answers, a more co-ordinated approach by government and industry towards strategic research is clearly necessary if Britain is to begin exploiting more effectively the undoubted excellence of its basic science. Moreover, even though this final chapter has focused on the options for Britain, we believe our suggestions for a more systematic approach for picking future scientific winners are not without relevance to policy-makers in other industrialised countries who are currently facing very similar problems.

Notes

1. The situation in Britain has perhaps begun to improve in 1984 with the publication of an *Annual Review of Government Funded R & D* (Cabinet Office, 1984). However, its utility has been severely restricted by the limited availability of statistics from the government departments and agencies responsible for monitoring, funding and carrying out R & D.
2. A study funded by the Department of Education and Science to produce internationally comparable data on the inputs to basic academic research in Britain, France, Japan, the Netherlands, the United States and West Germany began at the Science Policy Research Unit in the latter part of 1984.

References

Cabinet Office (1984), *Annual Review of Government Funded R & D 1983*, London, HMSO.

Irvine, J., Martin, B. R. and Oldham, C. H. G. (1983), *Research Evaluation in British Science: A SPRU Review*, report to the French Ministry of Industry and Research, mimeo, Brighton, Science Policy Research Unit.

Ronayne, J. (1984), *Science in Government*, London, Edward Arnold.

STA (1972), *Science and Technology Developments up to A.D.2000*, Science and Technology Agency, Tokyo, Japan Techno-Economics Society.

The Wall Street Journal (1984), 'European panel executives acknowledge they are lagging badly in technology revolution', *The Wall Street Journal*, 31 January, p. 1 and pp. 16–17.

Assessing the Impacts of Technology on Society

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

Pursuant to article 1 of the Convention signed in Paris on 14th December, 1960, and which came into force on 30th September, 1961, the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) shall promote policies designed:

- to achieve the highest sustainable economic growth and employment and a rising standard of living in Member countries, while maintaining financial stability, and thus to contribute to the development of the world economy;
- to contribute to sound economic expansion in Member as well as non-member countries in the process of economic development; and
- to contribute to the expansion of world trade on a multilateral, non-discriminatory basis in accordance with international obligations.

The Signatories of the Convention on the OECD are Austria, Belgium, Canada, Denmark, France, the Federal Republic of Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, the Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, the United Kingdom and the United States. The following countries acceded subsequently to this Convention (the dates are those on which the instruments of accession were deposited): Japan (28th April, 1964), Finland (28th January, 1969), Australia (7th June, 1971) and New Zealand (29th May, 1973).

The Socialist Federal Republic of Yugoslavia takes part in certain work of the OECD (agreement of 28th October, 1961).

Publié en français sous le titre:

ÉVALUATION DES INCIDENCES
SOCIALES DE LA TECHNOLOGIE

© OECD, 1983
Application for permission to reproduce or translate all or part of this publication should be made to:
Director of Information, OECD
2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16, France.

TABLE OF CONTENTS

Preface 7

Summary 12

Part I

THE NEED FOR AN ASSESSMENT FUNCTION 17

1. Attitudes towards the assessment of technology's impacts 17
2. Policy-making and anticipatory strategies .. 21
3. Evolving approach to meet new issues 25

Part II

THE IMPLEMENTATION 29

1. Choice of subjects for technology assessment 29
2. Forms and formats of impact assessments 33
3. Institutional mechanisms 38
4. Public participation 44

Part III

THE PROBLEMS 49

1. Evaluation of impact assessments 49
2. Options for policy 52
3. Utilisation of results 57

Conclusion

TOWARD A CREATIVE ASSESSMENT PROCESS 62

Bibliography 66

Annexes

I. Possible subjects for assessment studies .. 74
II. OTA priorities - 1979 76
III. Assessments in progress 77
IV. New technical opportunities 79

Also available

SCIENCE AND TECHNOLOGY IN THE MANAGEMENT OF COMPLEX PROBLEMS. "Document" Series (May 1976)
(93 76 02 1) ISBN 92-64-11479-3 136 pages £3.00 US$6.75 F27.00

TECHNICAL CHANGE AND ECONOMIC POLICY. Science and Technology in the New Economic and Social Context (August 1980)
(92 80 01 1) ISBN 92-64-12102-1 118 pages £5.60 US$12.50 F50.00

SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY FOR THE 1980s (November 1981)
(92 81 05 1) ISBN 92-64-12254-0 168 pages £6.20 US$13.75 F62.00

Prices charged at the OECD Publications Office.

THE OECD CATALOGUE OF PUBLICATIONS and supplements will be sent free of charge on request addressed either to OECD Publications Office, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16, or to the OECD Sales Agent in your country.

PREFACE

Scientific research and technological innovation are basic determinants of economic and social change. They are factors of enhanced performance as well as of tremendous expansion of new products and material prosperity. At the same time, they are also causes of destabilization. They make obsolete whole categories of knowledge, techniques and professional skills. They call into being new risks and challenges.

By its very nature, technology-fuelled change continuously reveals conflicts between old objectives, routine decisional patterns and new issues. This raises the need for new relationships between research, technological innovation and decision-making, taking into account not only technical and economic aspects but also the societal dimension of impacts of new technological developments. The essential problem is, thus, some kind of social management of technology.

Two main strains of policy implications can be observed.

On the one hand, there is a tendency to strengthen the role played by R&D activities in tackling problems raised by economic, social and political uncertainties that prevail all over the world. In most countries, science and technology are expected to contribute more significantly to enhancing the competitiveness of the national economy and to limiting dependence on external sources of energy, raw materials and products. National authorities take measures to optimise the allocation of R&D resources through sounder programme management, stricter control of means and a more rational use of research findings.

On the other hand, there is a call for a greater social relevance of science and technology. So far this has led to only a slight shifting of research priorities. Generating R&D of societal relevance raises the extremely complex and elusive question of identification, selection and pursuit of social goals. This touches on issues of values and of possibilities of long-term policy commitments.

The management of technology in the broad social interest is thus a very complicated process which must take into account social as well as economic costs and benefits and foresee the long term effects of its achievements over the broad spectrum of human activities. This raises the need for "technology assessment" as a systematic aid to better informed policy-making. The concept of technology assessment leads to a reappraisal of the role of science and technology in contemporary society. It implies a much deeper understanding of the nature of technology and technological innovation, a careful consideration of the consequences of alternative technological decisions and a more open and broader approach to decision-making.

OECD activities in this field can be traced as far back as the fourth meeting of Ministers of Science in 1971. The general conclusions of this meeting were that science and technology had had, until recently, an overwhelmingly positive influence on national development but that in the future they would have to be considerably reoriented to contribute to social as well as to economic objectives. This would demand a more effective management and control of technology in the public interest. It would be a major task for science policy to assess both the beneficial and adverse consequences of technological development and to foresee scientific and technological trends.

As a follow-up, science and technology programmes of the Organisation and its Committee for Scientific and Technological Policy have been modified to take into account social aspects and to make more clear the potentialities of R&D and technological innovation with regard to general policy issues.

More particularly, a special programme on social assessment of technology was initiated in 1972.

As a first step in this programme, OECD undertook an in-depth exploration of the state of the art which led to the publication of "Society and the Assessment of Technology"(1), a comprehensive analysis of the concept, and discussed methodological approaches, available experience, possible areas of implementation and use, institutional problems and relationships between analysts and decision-makers.

The need to set up guidelines which might be used by Member countries and the international community at large led to an effort of clarifying the basic methodological issues which culminated with the publication of a follow-up OECD report on "Methodological Guidelines for Social Assessment of Technology",(2) a general framework attempting to reconcile comprehensiveness with practical usefulness.

---

1. OECD, Paris, 1973.
2. OECD, Paris, 1975.

Another step was the setting-up of the Advisory Group on Control and Management of Technology. This Group was composed of high officials from a number of OECD Member countries. Its main role was to inform the OECD Secretariat of the needs and wishes of Member governments, national policy developments and of all relevant questions related to technology policy and impacts of technology on society.

Under the aegis of this Group, several Member countries agreed to test the concept of technology assessment in applying it to real problems. The area of "New Urban Transportation Systems" was selected. The project was carried out on the basis of ongoing national studies. The final report focused particularly on two characteristics of technology assessment, i.e. the formulation of pertinent societal scenarios on the one hand and the involvement of concerned groups on the other.

As a next step, there was an analysis of a number of existing studies considered as representative of the technology assessment activities in interested Member countries. The review and a general evaluation of these selected studies were published in the OECD report "Social Assessment of Technology".(3)

As more and more experience has been gathered, it became clear that technology assessment was often hampered by the narrow perspective adopted by the first practitioners. With the emergence of the oil crisis and subsequent economic difficulties, governments in Member countries turned their hopes to technological innovation as a major determinant of their economic dynamics and improved competitiveness. Consequently, a much broader and deeper assessment of new technological development was advocated to encompass their discernible and relevant implications for society and to make possible their incorporation into the decision-making process at any significant level of society.

The need for such an assessment function was stressed at the successive meetings of the OECD Ministers responsible for science and technology policy. However, this was stated with particular strength at the 1981 session where the Ministers acknowledged the need for specific steps to:

- ensure that due account is taken of the social and cultural implications of new technologies, in respect of the employment mobility and training of the labour force;
- monitor the introduction and spread of new technologies while attempting to assess their possible future implications for the economy, the environment and society;

---

3. OECD, Paris, 1978.

- facilitate public participation in the definition of major technological orientations, particularly through public access to information concerning their long-term impacts, and through fostering public understanding of science and technology.

In compliance with these recommendations and specific suggestions by the Member countries, the CSTP included in its activities a programme on assessment of the societal impacts of technology of which the present overview is a first part, intended to serve as a basis for further examination of Member countries' experience and needs.

There seems to be a wide agreement that sufficient attention has already been paid to the methods of technology assessment and to the clarification of its importance for decision-makers. This work has been documented by the previous programme of the OECD in this field as well as by an already substantial literature on the subject. The focus can now be on policy issues and the role and place of the assessment function within the decision-making structures.

Concern with consequences of new technological developments is a recent socio-political phenomenon. Various social groups and the public at large have been increasingly sensitised to risks and threats of the broad diffusion of new technologies such as nuclear power, electronics, pesticides, drugs, etc. This leads to a deep change in attitude towards the whole process of introducing new technologies and towards the contents of the R&D effort itself. Decisions in the field of new technologies are expected to take into account societal objectives or societal risks before leaving application of new technologies to single market interests.

This involves the broad questions of social management of technology. What can be the types and modes of such an activity within OECD countries, where the innovative process is mainly in the hands of individual organisations which tend to make it an integral part of their strategy of competition? Where can it be located to be influential without stifling innovation, to be effective without substituting government intervention for a pluralistic pattern of initiatives?

More and more, governments have had to take a stand on new technological developments, be it because of their growing complexity, their importance for social change, or because of direct government involvement in opening new technological possibilities in areas of high economic risk such as nuclear power, computers, telecommunications, spacecrafts and satellites, etc. Thus, governments take policy decisions on new technological developments in a variety of sectors. These decisions are based on "sectoral" or "partial" evaluation techniques.

However, new technologies are interrelated in a complex way. Their consequences cannot be fully elicited without an in-depth examination of all significant impact areas and their interrelationships. This is hardly possible with sectoral analysis tools which are oriented towards sectoral goals and benefits. Hence, there is a need for a general capacity to evaluate the contributions of new technologies.

Some see this assessment function as a monitoring and regulatory one. However, management of technology implies a much broader, and above all a more active, role. Governments are expected to have sufficient understanding of the interrelationships between technological innovation and its effects on the social system. Such understanding should make it possible to weigh, for example, the economic risks of the innovators against the risks likely to result for the public and society at large.

General assessment capacity must lean on outside information sources both for factual material and analysis. This implies setting up a flexible network of experts and participants from the two basic sources of information: a) industry, and b) the scientific community. Rules for conducting assessment activities will have to be clearly defined and respected in order to guarantee the independence of the scientists on the one hand and the confidentiality of data and proprietary rights of industry on the other.

The recognition that the effects of scientific and technological developments pervade all aspects of contemporary society and have global environmental impacts, and that technology is ubiquitous and diffused worldwide, makes it necessary to envision co-operation at the international level. An essential task for such co-operation is to frame new ground rules which would not only aim at assessing the detrimental effects at an early enough stage of development to generate remedial measures, but would also clarify and enhance socially desirable effects from the inception to the broad diffusion of a technology. These considerations lead OECD to look for ways and means of bringing to light international implications of new technological developments, particularly those which might call for corroborative analysis or action among its Member countries.

SUMMARY

This Report pays particular attention to the experience gained by OECD countries in assessing the policy implications of significant technical, economic and social issues and their interactions. The intent is both to facilitate further examination of issues and problems raised by the need to assess the consequences of major technological developments and to point out possible directions for future work.

To this end the Report examines not only the experience of Member countries with technology assessment but also the present state of the art and the prominent trends in assessment. It presents and evaluates the changing views toward assessment; the institutional and procedural approaches taken by Member countries in carrying out this function; and the problems encountered in the utilisation of assessment in formulating public policy.

Such a continuation and expansion of technology assessment in Member countries depends on a clear understanding of what it can and cannot contribute to policy determination. Hence, Part I of the Report examines the need for an assessment function. Particular emphasis is placed on attitudes towards the assessment of technological impacts, on exigencies of policy-making, and on new approaches to impact assessment.

There can be no doubt that concern with the consequences of new technological developments has become a major socio-political phenomenon. Government, influential social groups and the public at large have been increasingly sensitised to the risks and threats of the broad diffusion of new technologies. This change in attitudes has been reflected in particular in the technology assessment movement.

In the 1960s and early 1970s, technology assessment was mainly viewed, by policy-makers and analysts alike, as a brake on the introduction of technologies likely to prove harmful in environmental or social terms. But more recently, there has been an inclination to search for better economic results by foreseeing obstacles to technological innovation beforehand. In addition, the

available experience of assessment studies suggests a gradual shift from cost-benefit analysis to a form of policy analysis. The new approach is to view assessment of technological impacts as a specific process rather than as an analytical tool and to search for positive outcomes as well as controlling for negative impacts. Technology assessment in this new form is much less controversial than before because attitudes have converged on the need for a "foresight function" of some sort.

From the outset, however, there have also been opposing views as to the appropriateness and form of an assessment function in government. Thus, although surveillance of technological change seems to be accepted, effective association of technology assessment with policy-making has remained limited. The major stumbling-block appears to be the absence of a means of illuminating future trends in a manner relevant for formulation of feasible public policies. Here the difficulty lies in the fact that technology assessment is supposed to identify potential impact areas and evaluate their long-term consequences, whereas decision-making is usually sharply focused and short-term. This discrepancy seems to set political limits to the assessment function. To diminish this difficulty, assessment analysts are working to establish frameworks which presuppose a continuous effort at analysis and an instrumental capacity enabling decision-makers to sense technology-induced impacts within a consistent policy perspective.

Such an upgrading of assessment from an analytical to a policy tool implies institutional rearrangements. Hence, Part II is devoted to the implementation of the assessment function and, particularly, to the choice of subject technologies, to formats for assessments and to the institutional mechanisms required if impact analysis is to be utilised.

As the policy perspective has deepened, there have been attempts to be more systematic in the choice of subjects for technology assessments. Most of the completed assessments have been of a "corrective" type undertaken in direct response to impacts or risks expected from "problem technologies". In recent years, however, efforts have been made to establish criteria for the choice of subjects and for priority-setting among them. The usual approach has been to start with consideration of new technological opportunities. This approach has been reinforced, particularly in the United States, by successes in both research and practical experience. In several countries there is a tendency to point impact assessments toward selected policy areas.

Various typologies of, and formats for, technology assessment have been suggested based on criteria of comprehensiveness, institutional approach, stage of

development of the technology, etc. On the other hand, it appears that no single framework would apply to all cases and that a suitable strategy has to be developed for each problem. The range of methods similar to technology assessment and the diverse interpretations of the assessment function lead inexorably to the conclusion that there are still considerable differences of opinion as to what assessments of technological impacts on society should include. Nevertheless, there are growing areas of agreement as to how one should undertake the assessment function, e.g., in risk analysis and in environmental impact analysis. The agreement of Member countries on the comparability of environmental data is a striking example of movement in this direction.

The experience of Member countries in institutionalising the assessment function has taken the form of the establishment of a specialised government body, the infusion of the concept into an existing institutional set-up, or the search for independent bodies to do such work. All such efforts are at the experimental stage because of the lack of clarity as to the expectations attached to the assessment function. These expectations differ widely according to whether assessment is viewed as a source of additional information or as a continuous monitoring process.

The important institutional question of public participation in science and technology was treated in the 1979 OECD Report entitled Technology on Trial. Identification of interested and affected parties and of an appropriate mode for their participation is one of the basic tenets of technology assessment. Arranging this input raises considerable difficulties. There is widespread agreement, nonetheless, that public participation should evolve as a continuous social learning process for both the citizen and the policy-maker. Participation should thereby facilitate understanding, although understanding may not guarantee more efficient government or more easily accepted decisions.

Gaining public understanding and trust through participation is only one of the problems with which technology assessment confronts the policy-maker. Other problems discussed in Part III include difficulties involved in evaluation of impacts, formulation of policy options and utilisation of impact studies in a policy-making context.

Specification and evaluation of impacts are the central part of the assessment process. Decision-making would be greatly simplified if all the impacts could be expressed in the same units and thus permit a global summation of costs and benefits. This is not the case. In most studies, only technical and economic impacts are quantified, so that impacts on society are most often

presented in broad and descriptive terms. This makes it difficult to integrate the various impact categories into an overall balance sheet of social advantages and costs.

If it is to aid in the decision-making process, technology assessment must provide decision-makers with a range of feasible policy options. This is the most difficult task and also the weakest point in assessment studies. So far, it has not been possible to create a systematic approach to formulation of policy options. This may be due to the fact that the experience of technology assessment is still a very short one. Another, more important, reason seems to be the requirement in the decision-making process that options be flexible and continuously changing to fit altered circumstances and responsibilities.

Hence new suggestions include organising assessment activities as an interactive problem-solving and learning process. Another suggestion is to set up a monitoring system to provide either an extrapolation of present trends or a data-bank on changes in technologies and their impacts. Still another possibility envisioned is a look-out or "scanning" capacity designed to add a future-oriented component to the scientific-teohnological system. These more active approaches are replacing the static analytical procedures typical of assessment's early years as the requirements for policy relevance become clearer.

In brief, one of the lessons of past experience seems to be the need for a broadening of the conceptual basis of assessment activities and a deepening of their links to policy-making, since the prospect of creative assessment implies that it must be instrumental in optimising the effects of technology on society.

As a concept, therefore, technology assessment has been gradually defined as a form of policy analysis: but as a tool for policy-making it is still in a development stage. Differing views continue to be held with respect to both its scope and contents, and no single format has prevailed so far. More to the point, partial or narrowly-bounded assessments have generally been accepted as more credible and reliable than attempts at comprehensive investigation of all possible impacts.

Such difficulties in the conceptualisation and presentation of assessments have raised doubts about their utilisation and influence on final decisions. Up to now only the United States experience has been evaluated by systematic surveys. These reveal a great deal of criticism but also the general feeling that findings of assessment studies are increasingly taken into consideration within both the legislative and executive branches of the US Governmemt.

As has been pointed out by the Ministers of Science, a systematic practice of the assessment function appears to be an inevitable corollary of public policies geared toward social mastery of technological progress. What has changed in recent years is that there is now a strong tendency to stress the "promotional" or "proactive" aspect of the assessment function rather than the critical or reactive one. Hence the emphasis is on the need for an integrated perspective in order to concentrate R&D efforts on desirable economic and social effects of technology.

Finally, it is worth noting the undeniable fact that one feature of technology assessments, their national focus, has remained constant amidst changes in their conceptualisation, institutionalisation and utilisation. In spite of the increasing interdependence of nations, the international aspects and dimensions of technology-induced impacts have hardly been touched upon. Very few co-operative efforts can be reported. Nevertheless, there are a great number of fundamental technological developments which transcend the interest of any single country and call for a joint approach and an internationally orchestrated assessment of their effects and consequences.

Part I

THE NEED FOR AN ASSESSMENT FUNCTION

1. ATTITUDES TOWARDS THE ASSESSMENT OF TECHNOLOGY'S IMPACTS

In OECD Member countries the alleged "disenchantment with science" has apparently not shaken the fundamental faith in the remedial virtue of technology. Despite facing severe and urgent challenges to their industrial structures, economic systems and competitive capacity, our societies continue to see technological innovation as a main determinant of economic advance and competitive advantage. Whilst some specific applications of existing technologies are feared, and sometimes opposed, by the public, new technologies are sought even more strongly to provide suitable solutions to these challenges.

Thus, technological society's "general paradigm" [1]* for the solution of problems is still the use of more and increasingly complex technology based on a continuous flow of innovation. This has given rise to a discrepancy between the pace of technological developments and society's capacity to bring them into line with social goals.

For more than a decade this inadequacy has indicated the need for assessment of technological change and for simultaneous consideration of social change. This includes not only evaluation of technical performance but also clarification and assessment of the social implications of future technological developments. Consequently, decisions in the field of technology, and particularly those in applied research and experimental development, are expected to strike a balance between immediate market interests and social risks and benefits.

---

* Figures between brackets refer to the Bibliography on pp. 66-73.

The future impact of science and technology on society was one of the three points dealt with at the 1981 Meeting of the OECD Committee for Scientific and Technological Policy at Ministerial level. In their Declaration on future policies the Ministers identified assessment of social, economic, cultural and political effects of technological change as one of the major directions which should be followed in the decade ahead.[2] Concern with the consequences of new technological developments has become a major socio-political phenomenon. Government, influential social groups and the public at large have been increasingly sensitised to the risks of broad diffusion of new technologies such as nuclear power, electronics, pesticides, drugs, etc. There are signs of an ongoing change in attitude toward the whole process of introducing new technologies as well as toward the R&D effort itself.

Has assessment of the social impacts of technology contributed to meeting the need for a new policy approach in this field? Has the technology assessment movement brought about a fundamental change in general attitudes toward technology?[3]

In the late 1960s, influential scientific bodies began to draw attention to the growing "concern over Society's seeming inability to channel technological developments in directions that sufficiently respect the broad range of human needs".[4] Credible methods for analysing technological trends and assessing their impacts were recognised as the first and necessary steps if decision-making processes were to be redefined in the light of new policy exigencies raised by problems connected with technological progress. This recognition gave rise to a number of conceptual and analytical activities concerning impact assessment and its possible usefulness in the formulation of policies. The need for evaluation was justified on various grounds:

i) Prevention of negative effects. "A technology assessment was initially perceived as an analytical tool that could help avoid surprising consequences of new technology, almost like preventing iatrogenic illnesses. These surprises might manifest themselves as unwanted, unintended or unavoidable effects of the new technology. This perception was coupled with the notion of providing wide-ranging information on the interaction of technology and society. The decision-making process would be informed on matters that were not to be restricted to technical or economic issues, but would cover plausible cultural and institutional changes. Since the latter are accompanied by changes in norms, values and attitudes, they are the proper concern of public officials - those who make policy and those who carry it out."[5]

ii) Early warning. The idea of prevention was closely related to the concept of an "early warning system". It was expected that the system would anticipate in particular potential environmental problems and risks to public health. "There was an implicit expectation that technology assessment would develop into a new 'meta-discipline', a body of fully transferable methods and theorems which would allow us to consistently and reliably forecast impacts."[6]

iii) Dynamics of technological systems. Growing sophistication and complexity are important features of new technologies, but not the only ones. There is also increasing interdependence and interconnectedness among technologies, and also technological processes and the social mechanisms for their diffusion and acceptance. Diffusion of new technologies throughout society entails long-term indirect effects which can prove deleterious and irreversible. It has therefore been considered imperative to try to understand processes set in motion by technology and their ramifications before policy commitments are made and resources allocated.

iv) Anticipation and forecasting. More ambitious still was the concept of social management of technology based on a doctrine of anticipation. Forecasting has been undertaken with a view toward identifying alternatives for action in meeting the issues at hand and toward "outlining the consequences of each, for both the short and the long run. In operational terms, this projection of consequences requires laying out the full array of different social, economic and environmental impacts. But it also means disaggregating the population to identify the different parties who have a stake in the outcome. In short, we are also obliged to ask the question: 'consequences for whom?'."[7]

v) Guidance for the regulatory process. There have also been proponents of pragmatically restricted uses of technology assessment to provide information which might lead to adaptative or remedial measures. The basic argument here is that, "because new products, procedure and methods of production affect the structure of society and the health, safety and rights of its members, laws and regulations are necessary to diminish the potential for harm. But here too, having contributed to the situation which requires regulation, science and technology can also provide knowledge and techniques to inform the regulatory process and give it a rational foundation".[8]

After reviewing the experience of technology assessment in general, and in particular as mirrored in its own activities and programmes, the US National Science Foundation (NSF) - the body with the longest and broadest involvement in technology and impact assessment - has distinguished four phases in the evolution of technology assessment. [9]

The first phase was characterised by an effort to broaden cost-benefit calculations to include factors which go beyond considerations of economic feasibility. These early assessment studies were carried out along the lines of an implicit model which had been suggested in the report prepared by the National Academy of Sciences in 1969 for the US Congress Committee on Science and Astronautics. [4] The main objective was to heighten sensitivity to factors that were usually treated as externalities and neglected or were undervalued.

The second phase started as a reaction to the critical stand voiced by the US Congress as to the ability of assessment tools to encompass the growing awareness of the complexity of technologically induced social changes. This concern was reflected in broadly-based studies attempting systematic exploration of the potential impact areas, of relationships between the short-range and long-range impacts, of first-order and higher-order effects. The aim was to balance direct benefits against costs and negative externalities. Particular emphasis was put on the comprehensive identification and analysis of the full range of social, economic and environmental effects of technological developments. However, such an all-encompassing approach proved unmanageable. Nevertheless, assessments carried out during this phase contributed to the refinement of methods for detailing descriptions of technologies and for forecasting the trends and impacts over an extended period of time.

The third phase was characterised by a deliberate retrenchment. Technology assessment was described as a tool for contingency planning, crisis avoidance and analysis of policy options. It was expected to identify technological developments, to specify viable alternatives regarding the distribution of costs and benefits and to present social choices and policy options compatible with a wide spectrum of future environments. In this approach, only a limited number of alternatives was selected for analysis. Hence, the examination of impact areas was bounded from the start by confining concerns to criteria of policy relevance.

The fourth phase is emerging now as a consequence of added recognition of both the epistemological and practical limitations of the rational decision-making model. To apply contingency analysis, it seems indispensable to understand specific decision-making and processes. So the latest approach is likely to stress both the organisational and institutional aspects of decision-making and the interaction of technology and society over time.

In brief, the accumulated experience of assessment studies suggests a movement from strict cost-benefit analysis toward expanded forms of policy analysis. The trend toward policy concerns raises the question of the ability of existing institutions to deal with coming or contemplated technological developments. The basic new tenet is to view technology assessment as a process rather than as an analytical tool or device for controlling impacts. It is recognised that building on prior results is of the utmost importance, since that makes it possible to increase historical insight and thus enhance the utility of findings. However, treating technology assessment as a process implies that it should be organised as a continuous effort akin to "futures" research both with respect to technological trends and possible developments in society.

2. POLICY-MAKING AND ANTICIPATORY STRATEGIES

In spite of the often repeated contention that, with the widening complexity of interrelationships between society and technology, new ways and means of assessment and surveillance of technological change are badly needed, effective association of technology assessment with policy-making has remained limited. It can hardly be claimed that such impact assessment as practiced up to now has become a constituent element in the legal and political process.

What then is needed? For the minimalists, assessment of impacts means gathering more and more broadly-based information, since a belief in the utility and necessity of information and knowledge for the formulation of policies is shared by almost all those responsible for conducting public policy. The maximalists believe that the decision-making system itself is challenged by technological development. This process is said to have reached such a critical stage that "neglect of future consequences could entail a penalty for decision error so economically expensive, so politically strenuous, so environmentally disastrous or so inimical to the human spirit that whatever the immediate cost or inconvenience. we are obliged to examine our process of social choice".[7]

Whether or not such a development is viewed as desirable, government plays an increasing role in technological delivery and a crucial role in the assimilation and acceptance of technology-induced social outcomes. This implies that both decision capabilities and the capacity of government to guide events are questioned. Even if it is conceded that government exerts a decisive influence on social choices linked to technological change, does this imply that assessment of impacts should necessarily become a new policy function of or within government?

From the beginning of the technology assessment movement there have been opposing views as to the appropriateness and extent of such a function in government. On the one hand, it has been pointed out that the innovative process in OECD countries is mainly in the hands of organisations for which freedom to innovate is more and more an integral part of their global strategy and competitive force. On the other hand, it has been argued that, given the escalation of technology-induced problems, public interest requires that technological developments be viewed and examined not only from the point of view of the innovating bodies but also from that of the community so as to achieve the best possible balance between the benefits of innovation and its attendant risks.

Indeed, there is an intrinsic justification for such a policy function in that technology assessment should constitute an evaluation not only of direct technical and economic effects but also of the unforeseen consequences and longer-range impacts on society. These latter categories of impacts are not industry-specific, and the business sector can hardly be expected to take them into account, so that an assessment ex ante would seem to fall quite logically within the purview of government authorities.

As has been said, the need for assessment of technological impacts on society stems from a deep concern about the role of science and technology in relation to the pursuit of social goals. It challenges the very roots of technological society, which implies a search for new relationships between technological innovation and decision-making. In other words, technology assessment looks toward policies capable of adjusting to the societal relevance of new technological developments and accommodating the conflicting claims of social groups.

Confusion continues to surround the concept of impact assessment. Many still consider it a tool, just another method of gathering information. As such it is criticised on mainly methodological grounds. Not surprisingly, even as a method, technology assessment raises a multitude of unresolved problems in the field of data collection, interpretation, futures research, etc. But this is the case of any scientific endeavour which attempts to explore long-range future effects of the interplay between technological change and society. It would apply all the more to any type of longer-term attempt at making modifications in the constellation of social phenomena.

The major stumbling-block does not lie in the lack of methodological means, nor in the limitations of a specific mode of analysis, but in the absence of a capability to illuminate future trends in a form relevant for formulation of effective public policies. Filling this

gap involves a fundamental step from policy evaluation, which is based on historical data, to policy analysis, which looks into the future.[10] Assessment as a constituent of policy analysis is, then, an exploratory process of screening insights on possible futures - "from ignorance to uncertainty and to risk assessment".[11] The question is to what extent this chain of insights can be explored as a consistent sequence of events and to what degree the information gained coincides with the interest and the time horizon of decision-makers.

This raises the ubiquitous question of forecasting, which continues to be understood in many ways and perhaps misunderstood in more. The unreliability of forecasting networks is a favourite and most convenient reason for questioning, shelving or rejecting assessment findings. There are several aspects to the uses and abuses of forecasting and future research.

Clearly, futures research is based on fragmentary evidence, scarce data, and many judgmental elements. Its role is not to predict the future, but to explore possible futures and design usable information on probable trajectories under identified conditions. It can make use of all the known analytical tools of both the exact and social sciences. No doubt these tools can be improved, but they cannot divine nor create the future. "There are no good 'techniques', only techniques with varying degrees of inadequacy."[12]

A further difficulty in assessing trends in science and technology and their future impacts is linked to the different time scales of science, technology and policy-making processes. Two basic approaches can be envisaged. The first is to look for new technological opportunities emerging from developments in science and for generic technological capabilities. The second starts with the articulation of social demands and needs and then looks for technologies which could meet them. Generally, neither of these approaches is adequate by itself for anticipating the future. Projections based on need or demand alone tend to under-emphasize technical feasibility or the relative costs of various technical possibilities. Projections based on technological possibilities leave open the question of social and economic forces which could limit or determine the choices open to decision-makers. "The ideal mode of forecasting is to identify cases where technical opportunity and social demand mesh. This is often easier to do in retrospect than in prospect."[13]

The main difficulty, however, is that technology assessment must identify potential impact areas and evaluate their long-term consequences, whereas decision-making is usually sharply focused and short-term. This discrepancy sets political limits to the assessment function, since the overall social context is dominated by a

disposition to the short-term. "There is little appetite in the decision theatre for looking ahead. Put another way, future consequences appear to be neglected, not because they are insignificant, but because of a pronounced tendency in our entire society to respond largely to today's crisis and pressure. The important yields to the urgent."[14] One author identifies sixteen manifestations of these "pathologies of the short run" which reflect "short-term uncertainty, self-interest, the time bind and impotence".[15]

To reconcile the importance of the long run and the focus of decision-makers on the short run is not an easy task. Striking a balance between the two is shown to be a strenuous exercise, by the experience of the US Office of Technology Assessment, the more so as its work is increasingly oriented towards comprehensive analysis of controversial issues.[16]

To diminish the difficulty, a framework for technology assessment can be arranged so that it includes four phases: long-term, short-term, and intermediate-term assessments, and iteration of this process.[17] The long-term assessment is seen essentially as a learning process, in which options are generated, awareness of possible implications is created and a broad indication of preferred courses of action is offered. The short-term assessment is seen as a tool for decision-making. It looks closely at the short-term implications, indicates what decisions can be made now and suggests what options should be retained to allow for a change in direction in the future should this be necessary. The intermediate-term assessment paves the way for the next major decision. It establishes what information is needed, what consultation should take place, what institutional conditions will have to be met and lays out a programme towards this end.

Ideally, such a framework would imply that the assessment function is well established on a continuous basis and enables the decision-makers to pass from the short-run to the long-run, and that it has, at its disposal, machinery for medium-term assessments which bridge the two and make it possible to incorporate both the views of the future and the imperatives of current policy-making. This presupposes that the attitude towards technology and its consequences for society is accompanied by a concern for future repercussions on the part of both the government and influential social bodies. This attitude is the prerequisite for building up a conceptual and institutional capacity enabling decision-makers to understand the direction and force of technology-induced impacts within a consistent but dynamic policy perspective.

3. EVOLVING APPROACH TO MEET NEW ISSUES

In the light of today's new problems, governments require a better understanding of the interrelationships between technological innovation and its effects on the social system. Such an understanding should make it possible to weigh the economic benefits and risks of the innovators against the benefits and risks which can result for the community. Comparison of alleged benefits on the one hand and discernible risk areas on the other should facilitate policy decisions on socially acceptable and desirable technologies. Decisions of this sort may imply redirecting both the innovative process and the R&D effort.

Governments have increasingly been called upon to take a stand on new technological developments, or their importance for social change. Governmental involvment results partly from the growing complexity of these innovations. It also often arises because of direct government involvement in opening up new technological opportunities in areas of high economic risk such as nuclear power, computers, telecommunications, spacecrafts and satellites, etc. Thus governments take policy decisions on new technological developments in a broad range of sectors. These decisions have been based on sectoral analyses or on partial evaluation at higher levels. However, new technological developments are interrelated in many complex ways, both vertically and horizontally. Their consequences cannot be fully elicited without an in-depth and broad-scope identification of possible impacts. This is hardly possible with the tools of sectoral analysis, which are by definition oriented towards sectoral goals and benefits. Hence a need exists for a general capacity to evaluate the contribution of new technological developments to social objectives in terms of a scale of priorities made explicit in government programmes and responsibilities.

The absence of a capacity to analyse and assess the trends and impacts of new technological developments leaves a government dependent on the initiators of such developments. An example occurred in the West Gemman reactor programme, "where the key decisions as to the choice of reactor type were taken independently of the government programmes".[18] Another surfaced in the development of an electric vehicle in France where the government "was totally dominated by analyses and projects drawn up outside itself", since "it had available to it no capacity for analysis of its own" [19] and was therefore unable to produce independent evaluations.

These cases illustrate the desirability of an assessment function within government. The need for such a function has, moreover, received additional impetus from the profound economic, social and political transformations which have taken place, in OECD countries and worldwide, since the first technology assessments were carried out in the late 1960s, mainly in response to the then acute concern with impacts on the environment.

As stated in a recent OECD report, [20] these major changes can be classed in four broad overlapping groups: a persistent combination of inflation and unemployment; modifications in the worldwide division of economic and industrial power; consequences of the so-called energy revolution; and emergence of new social aspirations and values. These changes are interrelated and influence each other, both as causes and as effects, and together they constitute the new context. One of the central issues of science and technology policy is to establish new relationships among the scientific-technological-industrial community, government officials and the general public within this new context.

As the demands on technology increase, so do its consequences, and so does the severity of sanctions in case of failures. Hence, the assessment function should examine not only limitations external to technology but also, and above all, human limitations within the technological development process itself. "The central issue appears not to be whether technology should be assessed and controlled but the extent to which it should be assessed, and by whom. What is at issue is the quality of decisions about technology and whose interests are taken into account when those decisions are made." [21]

There is a widely-shared feeling that sufficient attention has been paid to methodology, although the search for consistently sound methods of assessment should continue. This view has been documented by the previous programme of the OECD in the field of social assessment of technology [22] as well as by substantial literature on the subject. "The focus must now be on the expansion of these analyses and of their incorporation into the decision-making process at every significant level of society". [23] Hence, with the emergence of the new clusters of problems, there is a tendency both to deepen and broaden the concept of the assessment function and to integrate impact assessment into policy-making.

Greater emphasis on social returns may be expected to require a more rational development of technology. [23] For instance, the shift to a more resource-constrained economy raises the question of allocation and distribution of resources, the answers to which could require that technology assessment becomes a crucial component in the process of identification of potential goals. [24]

In fact, there has recently been a general inclination to stress the "promotional" or "proactive" aspect of the assessment function rather than the critical or reactive one which once marked many assessment activities. Instead of being preoccupied with disclosing and preventing potential negative effects of a technology, technology assessment now more often concentrates on beneficial and desirable aspects in order to gear the science and technology effort towards a more effective use of technology. The goal is to remould industrial and economic structures in hope of furthering innovation on the one hand, and to increase technology's social usefulness on the other.

The reactive and proactive outlooks are exemplified in discussions on technological matters in Australia which took place after the publication of a major inquiry on technological change, [21] and even more in the government programme in Germany, where assessment and acceptance of technology have become one of the priorities of science and technology policy. According to the 6th Report on Research of the Federal Ministry of Research and Technology, there are at present in Germany two groups, almost equally large, which oppose each other in the evaluation and assessment of technological development. One group associates fear and concern with the future of technological development, or even with the stage of development already reached, whereas the other group regards technology as an essential prerequisite for maintaining and extending the prosperity achieved. [25] It seems very likely that, as a consequence of the emergence of such a dual function for technology assessment, government authorities will have to pay greater attention to evaluating the consequences of technology on the one hand, while, on the other, developing technological alternatives at an early stage, even if their utilisation does not appear very promising at the moment.

Another indication of this new tendency is a more matter of fact approach which attempts to link assessment requirements with selected problem areas. For example, in Germany, authorities concentrate on the related problems of maintaining technical progress, international competitive capacity and employment; monitoring the effects of micro-electronics on work; assessing safety in the workplace; tracing ecological and social impacts of modern technologies; providing new and alternative technologies in the field of energy and natural resources; and evaluating risks involved in genetic research and technology. [26].

Similarly, in Denmark the main purpose of technology assessment is to predict and judge the consequences in such a way that policy-makers can choose and support the technology which promises the best results for society. A special study committee has distinguished four industrially oriented problem areas as particularly important

for technology assessment: production technologies; infrastructure and communication technologies; global and transnational technologies; consumer goods and products. [27]

The growing emphasis on a techno-social perspective has led the experts from the US National Science Foundation to conclude that technology assessment is entering a new phase in which a historical perspective will be needed. "In this way, the assessment process might eventually come to be institutionalised as an interactive problem-solving and learning process. The expectation is that successive assessments building on prior results would arrive at increasingly better approximations to the definitive insight desired." [28]

In sum, governments seem to be moving towards a much more integrated perspective which would include the analysis of both technology and its social implications and would pave the way for an efficient monitoring function. Such an integrated approach is expected to respond in particular, to the need for:

i) a more rational basis for choices in the field of technology;

ii) a democratisation of such choices;

iii) a more reliable source of information at the disposal of government authorities, legislative bodies and representatives of the public at large.

Part II

THE IMPLEMENTATION

1. CHOICE OF SUBJECTS FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT

Distinguishing among technology-initiated, project-initiated and problem-initiated assessments has become a convenient way of selecting and defining subjects for technology assessment. In the case of a technology-initiated assessment the question is what are the effects on society of a particular technology, such as space satellites, cable television, or robotics. A project-initiated assessment focuses on a specific embodiment of a given technology or a set of complementary technologies, e.g. nuclear power stations, airports, infrastructure, works, or automated transportation systems. A problem-initiated assessment starts with social problems for which technology is expected to provide a solution.

Theoretically, six main areas can be identified as starting points for technology assessment studies: technology, economy, society, the individual, the environment and value systems. However, there is as yet little knowledge available on the relationships of some of these (especially the latter four) with technology. Therefore, technology assessment studies are most frequently of the technology-initiated and problem-initiated type. In fact, most of the completed assessments have been of a technology-initiated "corrective" type initiated in direct response to questions concerning effects or risks of known technological developments nearing or at some early stage of application.

As has been shown by the examples from Germany and Denmark, there seems to be a tendency to orient technology assessment towards selected policy problem areas; in other words, to make it an instrument for clarifying current and future problems created by major technological developments and to support governments in dealing with new consequences and in limiting uncertainties. The usual approach is to start with consideration of technological opportunities. This approach has been confirmed,

particularly in the United States, by both research and practical experience.

According to one of the first comprehensive treatises on ways and possibilities of selecting topics for technology assessment, the basic assumption, valid for all decision-makers, is that because of limited resources and knowledge not everything can be done. The author enumerates eighteen criteria for setting priorities. Several of these are overlapping, however, and not all apply with equal force to every institution undertaking an assessment study.[1] The process of selection seems mainly to be influenced and complicated by questions of responsibility, timeliness and span of authority. Governments, professional bodies and courts are the most appropriate mechanisms for identifying technologies in need of assessment. Among specific sources of guidance are budget allocations, national goals, legislative interests, current news, present crises, institutional changes, public surveys, and studies of current and future problems. The next step is to organise this information in order to define priorities.

The most natural way to set priorities for assessment seems to be to seek the opinion of experts. In one study, 200 specialists in State and local governments, academia, industry, foundations, professional associations, independent research centres and other institutions were asked to review 188 technologies frequently mentioned in the literature. The respondents suggested another 90 technologies. All technologies that were assessment candidates were then screened on the basis of probability of adoption, positive and negative impacts, major uncertainties, etc., and the 30 top-ranking technologies were analysed in detail.[2]

A particularly sophisticated approach was followed in another study sponsored by the US National Science Foundation for the purpose of developing a methodology for determining priorities among candidates for technology assessment. The starting point was a pool of several hundred potential innovations over the next 20 years. This list was assembled from a literature search of Delphi forecasts, informal polling of staff members, and a taxonomy of possible technological substitutions. All topics were divided among 13 programme areas. These programme areas were ranked according to three criteria: level of national concern; relevance of technology assessment techniques; and the rate of introduction of new developments in the programme areas. Within each programme area, about 100 innovations were selected on the basis of the following criteria:

a) the state of development of the innovation;
b) the level of support existing in the public or private sector, and

c) the possibility of far-reaching impact.

Two scoring systems were then devised to allow rapid comparative judgments of the magnitude and urgency of the impact of each innovation. These judgments were combined within a composite impact score to get the final ranking of innovations for study.[3]

Certain aspects of these various procedural steps can be illustrated by the experience of the Office of Technology Assessment. From the beginning, the selection of assessment topics was closely related to the OTA's double role of responding to Congressional demands and of providing an early warning system for Congress. It has been argued on a number of occasions that OTA has been preoccupied with short-term analyses and reluctant to tackle controversial issues.

In fact, the OTA process has a number of built-in conflicts which require careful balancing. These include:

a) the desire to experiment with the innovative flexible approaches to technology assessment vs. the demand for credible, replicable findings;
b) the mandate to understand and assess technologies in depth vs. Congressional demands for immediate policy relevance;
c) the desire for comprehensiveness in covering impact areas vs. the obligation to meet more narrowly defined legislative requirements;
d) the need to carry out assessments lasting a year or more vs. the necessity to provide at the same time short-term responses to congressional demands.

Through 1978, OTA was using most of its resources for near-term and non-controversial activities. The new leadership which took over in 1978 believed that the OTA had two functions: one was indeed to serve carefully selected near-term needs of Congressional committees; the other, to focus on longer-term, comprehensive "early indication" matters. To determine the highest national priorities for the latter category of assessment, a survey of several thousand governmental, industrial, academic and public interest group leaders was organised. From over 5,000 subjects suggested, a list of 30 was drawn up to become the new OTA agenda, subject to budgetary limitations and approval by the OTA Board. The agenda came under attack because it was perceived that national priorities were chosen by outside experts and not by duly elected members of Congress.[4] Nevertheless, this list of priorities remains valuable both as a source of ideas for assessments and as an aid in judging the importance of other requests. As an aid for deciding how OTA's resources should be allocated by the Director, the Board also collects information about the

needs of the Congressional Committees through a systematic annual survey.[5]

At present, the OTA Board applies the following general selection criteria developed in consultation with the Advisory Council:

- Is this now or likely to become a major national issue?
- Can OTA make a unique contribution, or could the requested activity be done effectively by the requesting committee or another agency of Congress?
- How significant are the costs and benefits to society of the various policy options involved, and how will they be distributed among various affected groups?
- Is the technological impact irreversible?
- How imminent is the impact?
- Is there sufficient available knowledge to assess the technology and its consequences?
- Is the assessment of manageable scope - can it be bounded within reasonable limits?
- What will be the cost of the assessment?
- How much time will be required to do the assessment?
- What is the likelihood of Congressional action in response to this assessment?
- Would this assessment complement or detract from other OTA projects?

The choice of topics and their priorities is closely related to the definition and scope of technology assessment in operational terms. The first step in contemplating an assessment according to eminent students and practitioners of technology and impact assessment, is to challenge the definition of the problem.[6] This is important for understanding its nature and policy relevance before attempting an operational "bounding" with respect to the time horizon, the categories of impacts, the extent of the impacts, the institutional involvements, the range of applications considered and the policy options. In addition, the degree of agreement on assessing a problem can be important since the very definition of an issue as a "problem" can lead to controversy if interest groups are affected. Occasionally, when such a consensus is lacking, technology assessment is confronted with the accusation that it, in itself, contributes to creating a conflict situation which might otherwise never have come about.[7]

It is the task of the assessment team to specify its own definition of the problem and to gather information in order to articulate the appropriate assessment strategy. Here again, the experience of the OTA is instructive. Assessment studies are planned, directed and drafted by OTA staff. The assessment might involve the contribution of six or more consultants or contractors,

each of whom writes a report on one or more aspects of the problem. In addition, each major assessment has an advisory panel of individuals with varied expertise and diverse points of view, which is expected to offer suggestions after reviewing the study plans and a draft assessment. Generally speaking, assessments are started with a theme defined only in vague terms. There is usually a lack of data both on the ramifications of the problem and on constituent elements of the analysis. Only an iterative process of narrowing the scope and the limits of the technology's applications can lead progressively to an outline of a workable "assessment system" and its variables.

However, this may run counter to another, somewhat contradictory, requirement, namely, that one discovers the relationships of the technology being assessed to alternative, competing or supporting technologies. All the relationships cannot be covered to the same degree of pertinence and detail. One must beware lest superficial and arbitrary assumptions become misleading and, at the same time, recognise that obtaining a reasonably creditable and documented view of the place of the new technology within its technical and economic context is a difficult and costly task.

2. FORMS AND FORMATS OF IMPACT ASSESSMENTS

Various typologies of technology assessment have been suggested in terms of comprehensiveness, policy relevance, scope, institutional approaches and stages of development. On the other hand, some experts contend that there is little hope of finding standard definitions or frameworks, because suitable strategies have to be developed for each problem.

However, the question is not how to design a unique framework but to see what the general formats and forms of the assessment function have in fact been. Several of the most interesting approaches are reviewed, and some general indications are drawn from the available experience.

In a sense, environmental impact statements can be considered as precursors of technology assessments. Indeed, they sometimes qualify as partial technology assessments. They represent the only form of assessment that has been institutionalised so far in the United States, where the "National Environmental Policy Act" requires that all Federal agencies include a detailed statement concerning the impacts of proposed actions on the human environment.

In Europe, the idea of environmental impact statements has been adopted by several countries, but with different procedures. This can be explained by the differences in political systems and by the fact that there were already procedures for examining the consequences of new developments in most European countries before protecting the environment became a major issue. Consequently, there has been a tendency for European governments to integrate environmental considerations into existing decision-making frameworks.[8]

Environmental impact statements (EIS) in the United States include a range of technology assessment features. However, their purpose is to provide a basis for decision rather than to identify whether or not there is a need for a decision. They have, after several years in use, come under criticism for their bulkiness, lack of in-depth analysis and insufficient treatment of alternatives. In addition, different interpretations of the law by various agencies have resulted in confusion within both government and the courts. To correct these problems, new clarifying issues were issued in 1978 and enacted in 1979. They specify in particular that EIS shall be analytic rather than encyclopaedic and that the primary purpose is to serve as an action-forcing device to insure that the policies and goals defined in the law are infused into the programmes and actions of the Federal government. Moreover, EIS must now include an analysis of alternative technologies and must be prepared early enough to make a practical and important contribution to the decision-making process rather than being used to rationalise or justify decisions already made.[9] These recent guidelines bring environmental impact assessment and technology assessment a step closer together.

Pre-assessment is a form of impact assessment employed in early R&D stages. Pre-assessments have been carried out in Japan on large-scale projects in such areas as space technologies, nuclear power, marine technology, the life sciences, new energy technologies and large-scale industrial projects. The pre-assessment procedure usually concentrates on technical aspects or on the need for public acceptance. Only the project on new energy technologies, sponsored by the MITI's Agency of Industrial Science and Technology, was conducted specifically as a technology assessment. According to a recent survey, the findings of these pre-assessments have been classified as confidential data.[10]

Germany developed a systematic institutional function for assessment in the course of the 1970s. The method adopted was based on the concept of "early coordination" and has tended to take into account social objectives in R&D programmes. This procedure was first used in the fields of working life and health, and has been applied more recently in the fields of energy,

natural resources and quality of the environment. In the draft stage, these programmes included elements of technology assessment from a combination of scientific, economic, social and political points of view. The assessment function has thus been developed as an intrinsic part of research promotion. The goal has been to formalise research programmes in both ends and means and to harmonize draft programmes at the level of the federal ministries concerned. There has also been, when appropriate, an analysis of impacts by external bodies or consultants, plus project implementation in progressive steps to allow for adaptive measures in the light of new knowledge, plus an effort to inform the general public so as to obtain critical inputs into the planning process.[11][12]

Germany has also employed a specialised method of research accompanying the process of development, use and implementation of technology. This has been labelled "technology accompanying social science research" (Begleitforschung). Such research has been most extensively carried out within the programme on humanisation of working life sponsored by the Federal government. The main task is to elaborate an economically feasible compromise among technical potential, organisational requirements and the needs of those affected by the technology. It is expected to clarify certain aspects of a technological deployment rather than to carry out a comprehensive analysis of impacts as in a technology assessment.[7] Like all applied social science research, "technology accompanying research" risks being captured or biased in its findings by economic and political interests.

Another related concept is innovation research, which analyses the conditions favourable or unfavourable to the adoption and diffusion of innovations. This category of research has been increasingly carried out in many Member countries, both to resolve problems with restructuring of industry, with rationalisation of existing plants and industrial sectors, or with introduction of robotics and computerised manufacturing processes, and also, more generally, to improve economic performance, foster employment and secure social acceptance.

Evaluation research stands as a distinct category of effort concerned with measuring the actual effects of a programme in comparison with its initial objectives. A comparative analysis of several Member countries' experience in this field showed the deficiencies of this ex post facto assessment with respect to its scope, credibility and effectiveness.

Recently, increasing attention has been paid to risk analysis. This type of assessment stems from the same concern which led to technology assessment. It

seeks a better understanding of actions and decisions which will result in various forms and degrees of risk aversion and risk abatement. Although rooted in the same conceptual and methodological context as technology assessment, risk analysis revolves around questions which are at the same time narrower and broader than those most germane to the assessment of technological impacts.

According to NSF specialists in this field, risk analysis may be viewed as a form of policy-driven technology assessment, since issues of risk management are strategic in nature, the goal being to realise those socially useful outcomes which contribute to the good life. They believe that "in its present narrow focus, risk analysis is quite likely to merge with technology assessment - without losing its special emphasis. It is quite clear that along with estimates of technologically induced risks and benefits and the assessment of the linkages among various risks themselves, there is a compelling need to look beyond risks at the positive and negative, short-range and long-range, and second- and higher order consequences". [13]

The monitoring aspect of the assessment function was undertaken in New Zealand in a series of analyses of the socio-economic implications of large projects. This research is called "monitoring" to distinguish it from social impact assessment, since the latter is seen as a process of forecasting answers to specific questions as a pre-requisite for the approval of a project. The main emphasis in monitoring is on continuous following and checking of events, the prime objective of which is to describe and explain. It is a three-stage process including pre-assessment of impacts, monitoring the actual consequences and interpreting new information as a part of the next impact assessment report. Forecasting can then be undertaken on the basis of knowledge gained, while monitoring serves to verify the relevance of forecasts in turn. Another feature of this approach is the identification of areas where future research is needed, hence follow-up studies are integral to the concept of monitoring because they help to clarify and explain particular situations of interest. [14] [15]

This diversity of interpretation of the assessment function shows that there are still wide differences of opinion as to what assessment of technological impacts on society should include, the more so as new problems place new demands on assessment. This necessitates appraising technology assessment activities by means of surveys of completed assessments.

When commenting on the US experience over the past fifteen years, one of the most eminent experts has said that some common elements have endured, such as:

- interdisciplinarity and integrated analysis;
- orientation toward the future and toward multiple possibilities and alternative paths;
- an emphasis on discerning the indirect, unintended consequences of technological change;
- the primary objective of informing and improving public decision-making and policy formulation.

Several new elements have developed, viz.:

- increased emphasis on early identification of opportunities as well as problems;
- a fuller appreciation of the value of the insights of potentially affected parties and interest groups;
- much greater attention to tailoring the assessment to the needs and the practical constraints of the political process.[16]

A number of studies of technology assessments performed in the United States were sponsored by the National Science Foundation. Although these studies vary with regard to problem-setting, scope and methodological approach, the findings are similar in their identification of basic structural constituents of the technology assessment process.[17][18] These findings are reflected in the philosophy of the National Science Foundation, which says that the primary objectives of a technology assessment are, at present, to:

"1. Identify and analyse the relevant economic, social, technological, legal, psychological, institutional, environmental and political consequences of a projected technological change;
"2. Analyse the ability of existing institutions to accommodate to technological change and the ability of new technologies to accommodate to institutional change;
"3. Explicate the different points of view of the parties at interest;
"4. Compare the alternative policy and technological choices available to decision-makers;
"5. Identify and analyse the uncertainties and risks associated with alternative policy choices."[19]

These closely resemble the five main characteristics of social assessment of technology as described by the OECD.[20] Thus experience once again confirms that, to be a valid policy tool, assessment of technological impacts must be organised as: a continuous activity; a process building both on facts and foresight; and a continuing interaction between decision-makers and analysts.

Because it is a new approach to technological change and its impact on society, the assessment function has not yet found a clearly defined and recognised place within the institutional system. The main reasons seem to be the wide variations in competencies in technological matters among the various ministries and government bodies and the possibility of covering alterations in the balance of power among decision-makers. Another reason is the still insufficient knowledge of how technological advance occurs and of the interplay between technology and society. Consequently, introduction of new assessment procedures depends on how well those justifying it answer the questions posed by doubters: is it likely to improve the quality of decision-making in social terms? Social consequences are not easy to clarify and evaluate objectively, so the introduction of practical and political mechanisms for impacts assessment must frequently wait until credibility has been established.

The experience of Member countries in institutionalising the assessment function seems to be moving in three main directions: the establishment of a specialised government body; the infusion of the concept into the existing institutional framework; and the search for specific independent mechanisms and arrangements.

a) Establishment of a specialised government body

Only the United States has an institution devoted entirely to technology assessment, the Office of Technology Assessment (OTA). This Office was created in 1972 by an Act of Congress to serve Congressional needs with respect to issues involving science and technology. One major rationale behind its establishment was that it would enhance Congressional capabilities to evaluate the complex programmes and supporting technical information put before it by the Executive agencies of government.

A second rationale for the OTA was that it would provide Congress with the capability to identify probable future impacts of emerging technologies and, in particular, to foresee potential adverse consequences so that the Congress could take action to forestall or mitigate them.

These rationales respond to two Congressional needs which are difficult to reconcile. The first is for an independent source of scientific and technical expertise on current policy issues. This need stems from the peculiar characteristics of the American political system

and the separation of powers between the two branches of government. The second need is for a long-range view of developing technological issues and an "early warning" function. OTA has been criticised for the unequal allocation of its resources between the two needs and its heavy involvement in short-term problems raised by various Congressional Committees. Its work tends to emphasize current policy issues and often centres on limited technical problems.[5]

Nevertheless OTA has been successful in evolving methods and practices to respond to demands for policy evaluation and advice on technological matters. It has pioneered in broadly-based consultation of the scientific community through its specialised advisory panels and in the organisation of a systematic involvement of interested groups and affected parties. Finally, since the users of the OTA's findings are Congressional committees, the assessments have a high probability of being taken into account in formulating legislation.

The United States, with the longest experience in technology assessment, has also been developing parallel assessment bodies, some of which predate 1972. Prior to the establishment of OTA as a specialised operational body, the National Science Foundation (NSF) was the earliest source of technology assessment activities. From 1969 on, its programmes in this field have had significant influence and are "largely responsible for sustaining and developing national and even international interest in technology assessment, for advancing the state-of-the-art and creating a body of shared learning. NSF sustained and encouraged a community of practitioners during the critical early years of TA development".[21]

NSF's overall mission is the support and development of United States science in general. It does not have responsibility for the promotion of specific technologies or industries. Neither is it tied to the executive decision-making process, nor to short-term legislative developments. Moreover, assessments sponsored by the Foundation are to a large extent carried out by the academic research community and, thus, are presumed to be less prone to political influence. NSF has therefore been able to fund early identification of emerging technologies, studies cutting across the responsibilities of several agencies, use of broadly exploratory techniques and multifold research on TA methodology.

The third source of TA activities in the United States are Federal Executive agencies. Between 1972 and 1977 five departments (Transportation, Agriculture, Health, Energy and the Environmental Protection Agency) established formal technology assessment programmes. Several other agencies have also initiated formal but continuing TA activities.

According to a comprehensive survey of assessments sponsored and performed by US Federal agencies, [22] considerable in-house resistance to the generalisation of TA activities in the Federal bureaucracy still exists. As a consequence, TA is isolated in R&D units or at policy-making levels, or is spread throughout an agency with little co-ordination of effort.

Despite the growing acceptance of the TA concept, Federal agencies continue to be constrained by their narrowly defined responsibilities and their tendency to address immediate and non-controversial concerns. Basic decisions are often determined by the Administration's overall programme in a manner independent of assessment findings. Nevertheless, impact analysis is playing a strong role in evaluation of long-term policy and in R&D budget planning and allocation. The most common feature of agencies' assessments is their singular emphasis on the impacts within their own area of responsibility, e.g. environmental impacts, economic development impacts, energy impacts, respectively.[21] No overall assessment of technology's impacts and their policy implications has been attempted.

b) Existing institutional framework

Many Member countries consider the US experience unique and applicable only in a particular situation and a specific policy and institutional context. This belief has been reinforced by unsuccessful attempts in Europe and Japan to define the scope and place of an appropriate institutional format for technology assessment activity. These difficulties are illustrated by the rejection in Germany and in France of proposals to create a Parliamentary body or committee with functions similar to those of the OTA.

Although the prevailing opinion is that assessment of technological impacts is necessary, it may not follow that a special organisation should be created for this purpose. Some contend that, as far as most Western European countries are concerned, the relevant government bodies have long been used to taking into consideration the social implications of new technological developments. They argue that such agencies increasingly seek extensive government involvement in advancing technologies on the one hand and in devising procedures for abatement of deleterious effects on the other.

It is in fact quite often the case in European Member countries that government departments are responsible for studies and assessments within their specific areas of competence. This sectoral type of assessment is closely related to the status of the department and its degree of independence within the government structure. Invested with extensive powers for both the formulation and implementation of sectoral policies, such

departments tend to consider impact assessment as part of their normal activities. Technology assessment is seen less as a new concept than as a complementary approach which can, and in their view should, be brought into their current conceptual work and procedures.

This point of view seems to be shared implicitly by a number of countries. But there are also Member countries where it has been adopted after more or less broad public debate. This was the case in Sweden where, following a series of assessment studies carried out by the Secretariat for Future Studies, a government investigation recommended that no special organisation should be set up for technology assessment. Another example is that of Norway, where a proposal was made in the Parliament to establish a Technology Assessment Institute. However, this suggestion was discarded by the Prime Minister, who pointed to the danger of creating a new expert élite separated from the machinery of government. It was concluded from this debate "that in Norway there is a consensus that technology assessment should not be taken out of context and that the context is one of the relationships between technology development and societal development. These two developments are intimately related and one cannot have a specialised assessment procedure quite apart from the established procedures for R&D and political decision".[23]

In Japan a number of significant technology assessments have been carried out by the Ministry of International Trade and Industry (MITI) and the Science and Technology Agency as part of their R&D and advanced technology programmes, and also as a means of voicing more general government concern. However, with the change in economic conditions, the interest in technology assessment as a distinct function has faded. It was thus not surprising that a recent survey showed that there was hardly any business enterprise that would endorse the establishment of a special institution for technology assessment.[24]

c) Independent mechanisms

The sectoral approach to TA has its limitations, particularly in the case of developments which cut across the jurisdiction of individual ministries. At the least, sectoral organisation necessitates special procedures for co-ordination.

In a country such as Ireland, which has a rapidly developing economy, there is a felt need for a co-ordinating mechanism and, even more, for an instrument that would sensitise policy-makers and government advisers to the widespread and ultimate consequences of technological decisions.

What kind of institutional form could a mechanism for the assessment of technological impacts take if it is to guarantee both its expertise and independence?

An interesting suggestion emanating from Germany is to establish, completely independent of government, a Technology Assessment Committee which would meet the following institutional requirements:

a) be open to questions raised by all governmental decision-making bodies and also by non-governmental organisations;
b) be independent of influence from interested parties so that its findings would be beyond any doubt if they are to contribute to the formings of social consensus;
c) be above the reproach of "spoon-feeding" of scientific research.[25]

Several recent developments seem to be lining up with this thinking. For example, a Technology Change Centre was recently set up in the United Kingdom as an independent unit receiving support from the Social Science Research Council, the Science and Engineering Research Council and the Leverhulme Trust. The task of the Centre will be to look at social and economic changes, both national and international, and their impact on change and on adaptation to technological innovation.

The Centre will produce analyses and suggest policies which will be independent of, but complementary to, those generated by government, industry and other interest groups. The types of issues addressed will include: energy and material resource use; manufacturing technology, advancement and maintenance; adaptation to change; how to plan change so that it is least disruptive; trade-off between economic advance and social loss; matters of conservation and pollution in progress.

Another approach of the sort adopted in Australia in 1978, the Australian Science and Technology Council (ASTEC) was created as a science advisory body and has been active in the evaluation of certain aspects of the effects of technology on the community. Following the recommendations of the Committee of Inquiry into Technological Change in Australia, the ASTEC Committee on Technological Change was established in May, 1981, comprised of 12 members, four of whom are members of ASTEC. The new Committee's charge is to review on a continuing basis the processes and trends in technological change in Australia and elsewhere, and to evaluate and report on the direct and indirect effects of technological change at the national level.[26]

A step short of establishing an independent body is to have an existing agency add to its functions

technological impact assessment as a complementary line of research. In this way, study of certain impacts has been taken up in the research programmes of the Scientific Research and Technology Agency in Greece, where social and cultural impacts are primarily connected with programmes of industrialisation.[27]

However, a more flexible approach within a given institutional framework may be preferable to continuing institutional arrangements. The use of special commissions is quite common and has been widely resorted to in Sweden and in the United Kingdom, most frequently in the case of projects of major public interest and thus requiring a broad social consensus or those involving significant government intervention. These inquiries have not been carried out as technology assessment studies, but nevertheless they quite often include some aspects of an analysis of technological impacts.

An even more specific procedure is an ad hoc committee or task force set up to analyse social issues arising from technological change and to examine ways and means of evaluating impacts. This procedure was adopted by the Danish Council of Technology, which appointed a committee to discuss how to organise technology assessment in Denmark in a more systematic manner. In 1980, the Committee issued a report in which it suggested the establishment of a Council of Technology Assessment, a body to be composed of thirteen members representing relevant ministries and public interest parties. The role of the Council would be to ensure that societal assessments of technology are carried out, and to report currently on technological development in Denmark. It would act as a co-ordinator of assessment activities, which would be carried out at existing research institutes.[28] The report is at present under consideration by the government. As a continuation of the work initiated by the Committee, the Council of Technology has allocated resources for five pilot projects in hopes of extending the experience of national research teams in this field.

Similarly, in 1979, the Council of State in Finland appointed a Technology Committee with the dual aim of assessing technological development and its impacts and of drafting proposals for measures to boost favourable impacts and alleviate detrimental effects. The main thrust of the Committee's work was the analysis of the direct economic impact of automation and its consequences for the country's competitive position.[29]

Obviously, the experience of Member countries is extremely varied and mostly at the experimental stage. The need for a general assessment capability is felt everywhere, albeit not with the same intensity and urgency. Most frequently, policy-makers want assessment

to be autonomous and flexible, resourceful but not disturbing, and close enough to the final decision-making authority to be useful without disturbing the existing balance of institutional arrangements. This groping for a suitable institutional niche reflects the lack of clarity as to the extent and expectations attached to the assessment function. Its relevance for policy-making differs widely according to whether it is viewed simply as a source of additional information or as a continuous process of social monitoring of technological change.

4. PUBLIC PARTICIPATION

By definition, social assessment of technology's impacts implies that a broad range of social groups should be able to express their views and have them taken into account in the evaluation of impacts. Consequently, identifying both interested and affected parties and finding appropriate ways for them to participate is one of the basic constituents of the assessment process.

Deciding how to allow for this input in an effective way continues to raise difficulties, because public participation touches the very roots of the social system and its functioning. The general reasoning is of a circular type: participation is likely to improve the assessment process by making explicit the standpoints and value judgments of the various parties affected, thus helping to identify impact areas, discern the magnitude and level of impacts and specify the critical points for decisions; yet by the same token, more effective participation depends on more adequate procedures for citizen access to sources of technical information and for influence in technological decision-making in general.

The most enthusiastic, not to say extreme, view of public participation is the concept of "participatory technology assessment". This is a comprehensive study which involves all the social groups and parties likely to be affected by decisions in the area of technology under examination. Technology assessment would thus become the concern of the public at large and would involve all informed citizens, not just technical people.[30] This approach would imply major changes in institutions and attitudes and greater openness at the decision-making level.[31]

This may seem an idealised picture of democracy compared with the manifold and stringent limits on decision-making encountered in real life. Nevertheless, as the example of Norway shows, the involvement of the

public in matters of technology assessment is regarded by some groups as more important and more interesting than the development of separate, specialised, tools for technical analysis.[23] It would appear from some studies that the main obstacles to this involvement are the legal and technical complexities.[32]

The demand for wider and more systematic public participation in matters of technology seems to originate from two principal sources. On the one hand, the "social shock"[33] of fragmentary information about new technologies provokes anxiety and protest. On the other, the "institutional gap", that is to say the growing remoteness between those governing and those governed, arouses feelings of mistrust or frustration on the part of the latter despite the risk of sacrificing expertise to consensus.

In analysing the experience of public participation in the field of science and technology, the OECD report, Technology on Trial, identified four broad categories of government initiatives aimed at:

a) Informing the general public through new administrative and legal mechanisms devised to ensure broader public access to government information sources and to inform citizens on the nature of decision-making processes and opportunities for their more direct involvement.
b) Informing policy-makers on the needs, wants and desires of the general public through expanded use of government advisory bodies, legislative hearings, commissions of inquiry and other new ad hoc consultative mechanisms.
c) Seeking to reconcile conflicting interests by providing expanded opportunities for citizen intervention in government administrative and regulatory proceedings.
d) Providing opportunities for citizens to express their opinions through the development of collaborative forms of decision-making such as referenda, citizen review boards and mediation procedures.[34]

These different types of initiative are not mutually exclusive, but complementary. All, however, have been devised in response to apprehensions and fears raised by existing technologies, particular nuclear energy. In a sense, they have been initiated as remedial modes of action, as corrective measures taken to attenuate the absence of technology assessments. They thus attempt, in a sense, to compensate for participation not undertaken prior to decisions in the process of implementation.

Unfortunately, such participatory approaches cannot be directly transposed to technology assessment studies in hope of clarifying ex ante the attitudes of interested and affected parties towards forthcoming technological developments. In technology assessment, concerned groups are not reacting to a specific threat but are considering the likely consequences of a technology under study. It is even extremely difficult to identify the groups which might be affected, since the number and magnitude of all possible or probable implications often cannot be specified.

Not surprisingly, therefore, all procedures so far depend on the communication channels between analysts and representatives of existing groups. These channels usually consist of successive meetings which do not necessarily include the same participants because they occur at the beginning of the different phases of the assessment, that is, when outlining the study, identifying impact areas, determining evaluation criteria, and deciding on the options. Generally, these procedures are used flexibly and in an ad hoc manner. However, they are institutionalised in the case of the OTA, which routinely includes in its advisory panels members of the groups likely to be affected by the introduction of a new technology. These panels help to plan the study and to review the impact and policy analyses and final reports. "However, to successfully include such people usually means translating all of the study's assumptions, methodological descriptions and conclusions into language suitable for a layman."[35]

Much more broadly-based public discussion is contemplated in Germany, where the experience gained from the "dialogue with citizens on nuclear energy" has led to the recognition that objective discussion on the advantages and disadvantages of new technologies must take place before large-scale technical or commercial use and before political authorities are faced with irreversible situations. Citizens and social groups concerned are to be involved in the decision-making process from the planning stage through the decisions on application to final observations on implications. "The Federal Government considers it a pre-condition for arriving at better decisions, and not a tool for implementing preconceived technology concepts, that a broader-based process of opinion-forming and decision-making be launched on questions of technology application by approaching citizens and incorporating socially relevant groups of the population."[36]

The desired outcome is the improvement of communicative and participatory interactions between scientists, analysts, decision-makers and the general public - in other words a "multi-dimensional process"[37] of mutual learning. Only such a learning process can do

justice to multiple functions of the concept of participation. At the very least, public involvement serves two functions which, though complementary in principle, may prove difficult to reconcile in reality, i.e. informing the groups concerned and eliciting the expression by these groups of their attitudes, needs and wants. Frequently, an emphasis on the learning process also implies the vague function of informing the public at large.

Responsibility for the social learning process falls on all those responsible for public policy, on the members of the scientific community and, last but not least, upon the media, which must be ready and able to disseminate truly pertinent information about technological developments and their impacts on society. "If we are serious about community participation, new means must be found, and articulate technologists and social scientists must come forward to help the media to bring the issues to the community in a balanced and reasoned fashion."[38] An interesting idea is that of a "technology awareness programme" which would provide information for selected audiences on the nature of technological change and its effects on the economy and society and which could be administered by employer, employee and government.[39]

For both theoreticians and practitioners of technology assessment, public participation is desirable precisely because it does play a unique role in social learning. "To the degree that technology assessment strives to enhance the feasibility of more effective social control over the choice and application of technologies, then even just debate involving alternative perspectives on already recognised vaguely perceived, and currently unacknowledged problem and opportunity areas are components of social learning."[40] According to the OTA, public participation helps eliminate bias, introduce new or little understood points of view and identify significant contrasts between the views of technically trained experts and citizens.[41] For their part, analysts within the US Federal agencies view participation as an effective and desirable way of identifying stakeholders and potential impacts and of anticipating policy issues.[22]

Does public participation improve the decision-making process? The question remains open. Democratisation of the decision-making process can be considered as desirable objective per se. However, participatory decision-making is not a guarantee of wiser or more easily acceptable decision. The risk that decisions will be turned over to the "consensus of the ignorant" is probably the lesser danger. The greater risk arises because public participation does not ensure that a better informed public will arrive at a consensus on what

technology it wants or needs. Moreover, participation may in some instances actually give rise to new conflicts. Despite these difficulties, many Member countries are moving toward greater public participation because, on balance, the advantages outweigh the disadvantages.

Part III

THE PROBLEMS

1. EVALUATION OF IMPACT ASSESSMENTS

Progress in technology assessment may suffer for want of a clear understanding of the implications of the term. "The ambiguous word 'assessment' is distinctly appropriate, for it means variously an estimation and an authoritative judgment. Technology assessment, as originally conceived, embraced both meanings of the word and thus had certain cognitive and data requirements. Determining the success of technology assessment will involve determining what these requirements are and whether they can be achieved." [1]

After years of heated controversy, the meaning of the term is still questioned, and its ambiguity remains far from being dispelled. From the start, evaluation of impacts has tended to be viewed as a process of rationalisation of hard and soft elements, trends and effects within which (for the sake of analysis) the value-free questions of "facts" can be separated from the value-laden questions of policy. In other terms, the underlying assumption - shared by some and doubted by others - is that a "neutral" scientific data base can be distinguished from inferred probabilities, conditional conjectures and normative injunctions.

Relatively little attention has been paid to the fundamental point of technology assessment, i.e. a workable definition of the public interest in the name of which assessments are launched and carried out. Instead, attention has tended to focus on questions such as what can be known and how this knowledge can be structured and expressed in a meaningful evaluation scheme. Operational problems such as integration of the various categories of impacts, quantification of impacts, appraisal of expert opinion, discounting of the future value of impacts, and aggregation of costs and benefits have predominated. Perhaps the most one can hope for, given that no neutral or generally valid definition of the common good seems

possible ex-post, is that some kind of sufficient consensus will subsequently be achieved during the assessment process.

This problem has been raised mostly in terms of epistemology, scientific method and validation and not sufficiently in terms of relevance for policy-makers, as if both analysts and decision-makers were interested more in the form of the message than in its substance and applicability. Here is the source of the scepticism voiced by critics of technology assessment as to the objectivity of the evaluation process and the scientific validity of its results.

According to one current of thought, it is presumptuous to attempt evaluation of impacts on society with exclusively technical treatment because the main ingredient is judgment, which implies an essentially subjective anticipation and weighting of assumptions about future consequences related in a complex manner. To other critics, impact evaluation seems caught within the prevalent technological paradigm so that its techniques produce results which, "contrary to accepted scientific canons, are neither reproducible nor even testable, except through a kind of internal incestuous validation made possible through the redundancy of the logic of model building". Hence, because "technology assessment is construed as a technical task and is rooted in the acquisition, processing and interpreting of data (some of which may even be non-existent) the performance often depends more on virtuosity than veracity".[2]

Such critical comments are healthy but may end up either dogmatic or sterile. Research on social futures cannot have exactly the same rules as research in the natural sciences, and it cannot be judged on scientific criteria which apply to experimental data. It is fundamentally of an exploratory nature, which means that it builds imaginately on a narrow base of factual data and reaches out for conditional but consistent constructs of a set of variables projected into the future. Consequently, the central criterion is relevance, and the relevance in its turn determines other criteria such as choice of strategic variables, representativeness of the model, pertinency of the integrated evaluation of impacts, explicitness of assumptions and projected functional relationships.

To a great extent, the criteria of impact research are inevitably subjective. They can be made more generally valid only through experience and continuous social learning. Outcomes of evaluation are always subjective in the sense of being based, consciously or not, on the personal scales of value of those who make the choice and do the bounding of the subject, those who carry out the analysis and those who contemplate the use of the

results. This does not mean that the evaluation is undertaken without a scientifically based set of principles and procedures. On the contrary, the findings of evaluations must be made transparent so that, from assumptions to final results, both the conceptual model and the application of evaluation tools are made explicit and subjected to critical discussion.

Ideally, decision-making would be greatly simplified if all the impacts could be expressed in the same units and thereby allow for a global summation of costs and benefits. This hardly seems possible. In the realm of impacts on society, a great many aspects must be treated at present as non-quantifiable and in need of additional research. The various surveys of the available experience, whose findings are summarised below, indicate that this is the major stumbling-block in the evaluation process.

Identification and evaluation of impacts are, by definition, the core of the assessment process. In the majority of studies, only a limited number of impact categories are considered. These categories of impact are most often identified on a pre-selected basis, presumably on the grounds that the past gives the best clues to the main effects which might be expected from a new technological development. Sometimes, the approach is to isolate the major difficulties likely to be raised by a technology and make an inventory of the first-order consequences, with some hints as to possible secondary and even higher-order effects. There are only a few examples of a systematic search for all discernible implications, and in these cases an attempt has been made to screen them and construct an operational model embodying the strategic decision-making variables.

As may be expected, the main concern is development of the technology, its feasibility, timing, areas of application, and pace of substitution for existing technologies. In most studies, it is mainly technical parameters which are examined and expressed in technical units. The result is an account of direct requirements for a given development with respect to material base, manufacturing processes or market research.

Economic impacts are dealt with at the level of the sector directly affected by the technological development and the level of changes in overall economic trends. In the former case, analysis of effects is carried out mostly in terms of cost/benefit analysis or return on investments. In the latter case, possible implications are generally considered in a limited number of selected areas where first-order consequences are identifiable on the basis of past experience. Recent studies have considered the impacts on employment opportunities to be

particularly important. Cost savings (which most frequently stimulate the introduction of new technologies) are often associated with savings in manpower and accompanied by elimination of jobs. This raises difficult questions of social costs, of shifts in the employment structure, which have so far only rarely been examined in depth.

A good deal of attention is frequently paid to environmental impacts, and in fact many studies have been inspired by this concern. However, unless there is a clear definition of the existing state of the environment, of the desirable environmental "milieu" or of the tolerable level of polluting elements, it is difficult to measure the magnitude and cost of changes in the ecological system brought about by the introduction and propagation of a new technology. Most often, certain effects are judged to increase or decrease the quality of the environment. They often tend to be measured in physical terms against a set of norms. In some cases, attempts have been made to quantify the monetary costs of hazards and threats to security or human life.

Non-technical, non-economic impacts on society are usually evoked in broad terms as pending problems, or are treated as composite elements in a social scenario within which the new technology expands and competes with existing technologies. Usually, no evaluation of such impacts is attempted, although a special emphasis may be placed on selected trends which are considered significant, important or globally beneficial. Description of these categories of impact includes some evaluative features and can lead to an informal classification of advantages and drawbacks, especially when efforts are made to achieve internal consistency among the various impact areas. Nevertheless, a conceptual and methodological distinction is always made between effects amenable to statistical and numerical evaluation and those of a "qualitative nature". Evaluation concentrates on technical and economic factors, while other categories of impacts are treated in descriptive and more or less peripheral terms. This makes it difficult to integrate the various impact categories into an overall balance sheet of social advantages and costs. Hence assessment does not pinpoint the net social value of a technology's impacts as a central element of guidance, and leaves the decision-maker with the upgraded but unresolved problem of narrowing the basis for his strategic choice.

2. OPTIONS FOR POLICY

It has been remarked that "decision-makers don't know what they want because they don't know what they

can get".[3] What have they been getting, and what can they expect to get from assessment of technological impacts on society?

Decision-making is a process with evaluative and judgmental phases. Evaluation clarifies the properties of the alternatives and may also provide a quantitative index to describe the value of each alternative considered, whereas judgmental processes sift and weigh information in order to clarify choices among alternatives.[4] Assessment of technological impacts falls within the first category, because it is expected to provide decision-makers with a range of feasible policy options and with clues for a comparative analysis of these options.

If impact assessment is to respond to these expectations, its role within the decision-making process must be clearly understood. There seems to be an almost general agreement that assessment's role will vary with each mode of decision-making, however. There are many, or at least several, suitable assessment arrangements, depending on the circumstances.

An interesting attempt has been made to determine the role of technology assessment following Allison's illuminating typology of three basic decision-making models, namely those determined by a rational actor, by organisational process and by bureaucratic politics.[5] The objective is to see what is expected in a technology assessment of each type from the point of view of decision-makers on the one hand, and from that of performers of technology analysis on the other.[6]

From the point of view of the decision-maker, to judge by the character of information obtained, by the cost of the information and by the type of research involved, the "rational actor model" incorporates the belief that there is a single best decision and that "perfect" information will support his decision. On the decision-maker's side, the problem is therefore to define the parameters of the study and to assure that it is carried out according to specifications. On the performer's side, the assessment is viewed as largely a rational exercise which is neutral with respect to human values. Such an analysis makes it possible to present a state of the art study which will serve as the best available input into the decision-making process.

In the "organisational process model", technology assessment is thought of by decision-makers as one of many standard operating procedures. Once its role within the organisation is grasped, assessment will be made routine and, in concert with other procedures, will be adapted to function within the relatively

predictable limits of the organisation. On the performance side, the approach is to make the technology assessment process routine so that it produces surprise-free results which correlate with the other goals of the organisation. Thus, assessment activity would tend to emphasize routines such as data-gathering and the use of techniques which will produce incremental changes in information.

The "bureaucratic politics model" makes technology assessment a political weapon to be developed, used, and discarded by decision-makers in accordance with the political demands of the situation. Assessments become tools in the ongoing political process, and any pretence of their neutrality is dropped. On the performer's side, assessment is to become an interest-serving, value-laden activity. "Facts" are used to buttress arguments. Conflict underlies assessment in these circumstances, and assessment, when it "works", adds up to the resolution of these conflicts.

It is likely that real decision-making processes would combine the various aspects of these basic models. While the rhetoric of the research community most closely approximates the rational-actor model, its reality includes significant elements of the other two models. Therefore, "the integration of technology assessment into the decision-making process requires pushes from two directions - broadening the research process beyond its traditional scope to include, especially, the interplay of values, and accepting that process, suitably packaged, as an integral part of the bureaucratic-political environment. The integration includes interaction between researcher and decision-maker as part of the environment. This interaction takes place on both social and intellectual planes, and should include efforts by both groups to understand each other's underlying values".[6]

In practice, such interplay between analysts and decision-makers is difficult to achieve. If the main criterion of an assessment is to generate information in an independent way so as to come out with results which avoid both business as usual and political manoeuvering, the relationship between analysts and decision-makers must be carefully defined, and probably must also be limited to the function of communication. Sponsoring bodies have an inherent tendency to prefer internalised assessments and may attempt to permeate or capture the assessment process in the case of studies done on contract by an external institution. Analysts, no doubt partly to escape this pitfall, often try to pull their investigations on to their own narrow research ground, which makes a subsequent translation of the impact analysis policy necessary.

A review of a number of existing studies, a series of interviews and discussions with technology assessment practitioners and a survey of policy analysis literature, led researchers from Stanford University to see the policy analysis part of technology assessment as a two-level exercise.[7]

The first level concentrates on specific policy options for implementing each technological alternative. It includes four steps: formulation of policy options; comparative analysis of the options; selection of the most suitable combination of policies and strategies for each alternative technology; and summary comparison of the most suitable combinations of technological alternatives for policy implementation.

This four-step analysis seems far from easy to apply in practice. In most of the studies reviewed, such a detailed investigation was judged to miss the principal points which emerged from the impact analysis or to be irrelevant to the main thrust of the assessment. This is why many analysts preferred to go directly to second-level policy analysis.

Second-level studies concentrate on the issues, constraints, barriers and concerns which are evidenced in impact analysis. A typical list of ten enquiry categories would include legal, economic, technological, institutional, physical, environmental, social, cultural, political jurisdiction impacts. These are impact areas which can be investigated via discussions with experts in the field, public surveys or questionnaires, and the current literature.

Unfortunately, however, such a broad-based approach to analysis and formulation of policy options may prove to be of little practical use, because on the one hand it often can merely outline policy problems in each area, while on the other it can in no way influence the complex and frequently competing decision-making bodies involved. Hence, in this final stage the most important thing is a careful identification of relevant alternative courses of action rather than a listing of all those which may appear feasible on a sectoral or a general scale.

These conclusions are corroborated by the OECD survey of technology assessment studies.[8] In the great majority of studies reviewed in the OECD survey, considerable attention is paid to the description of policy options. However, these descriptions are presented as a range of suggestions rather than as a rigorous formulation of action options. These suggestions are presented as an inventory of possibilities, not as an account of alternatives derived consistently from the results of the evaluation of impacts. In most cases, the suggestions

are not put in priority order but merely formulated in succession, although they are often accompanied by an attempt to define the role of responsible governmental institutions or by an outline of measures available within existing jurisdictions.

Alternative recommendations are increasingly expressed in the form of contrasting scenarios, which are intended to show, through comparison, the relevance and feasibility of the selected policy options. A further step is to choose from among the scenarios those that seem to yield the most interesting results in terms of policy-making efficiency.

The decision-maker's desire for recommendations appears to be much higher in the case of studies of existing or emerging technologies, for which policy decisions are imminent, than for more remote future technological developments, concerning which major policy decisions are not considered to be urgent. The informational aspect of assessment predominates in the latter case, and even in the former, analysts are careful not to seem to foreclose the decision-maker's options.

One of the most controversial aspects of assessment activities is this question of whether impact assessment should merely expound and compare alternatives, or go so far as to recommend one of them as the most suitable course of action. Even within the agencies of the US Congress, there remains disagreement on the point. Daily pressures in the life of the typical political decision-maker in Congress inclines him to be suspicious of studies with no recommendations, or doubtful of their utility. It can be argued, therefore, that the analysts should at least give the user the advantage of the experience they have gained by making recommendations on one or more alternatives which they judge to be preferable.

There is not yet much evidence that the policy analysis part of impact assessment has facilitated or simplified the decision-making process. Its main contribution has been a more systematic structuring of uncertainty, an awakening of awareness of often neglected or unnoticed impact areas, a deepening of insights.

One reason why no systematic approach to formulation of policy options has been developed is the variability of the decision-making process, the extreme diversity of laws and regulations and the changing pattern of responsibilities and attitudes from one case to another. Another reason is the fact that the experience of technological impact assessment is a short one. Some policy-makers and analysts in Member countries are encouraged by the progress in assessment procedures

brought on by the social learning process within their respective groups.

3. UTILISATION OF RESULTS

It is of course extremely difficult to prove that any analytical assessment has been primarily responsible for influencing a decision. This difficulty is inherent in the decision-making process, since many factors and variables influence final decisions. This is even more true when the issues at stake have long-range consequences and when there is heated debate about the timing and appropriateness of suggested choices.

In principle, assessments may either influence thinking or have an identifiable impact on policy decisions. Opinions differ as to whether assessments are used mainly as a source for background information or as a basis for decision-making, and as to whether a greater effect is achieved by bringing issues to the attention of the policy-makers or by formulating selected options.

So far, it is mainly the US experience that has been surveyed and examined, with a view to shedding light on the influence of technology assessments on decision-making machinery. According to a US National Science Foundation-sponsored study on the utilisation of technology assessments in policy-making, the findings of assessment studies appear to have a greater conceptual than instrumental usefulness. Instrumental use occurs when knowledge has an identifiable impact on a policy decision, conceptual when knowledge about concepts, perspectives, generalisations, and assumptions has an effect on the thinking of a policy-maker but does not lead to impacts on decisions.[9]

The environment is a special case, because assessments in the form of environmental impact statements are mandated by law as part of the formal decision-making process. This implies that each federal agency must include, in every one of its proposals or actions, an assessment of effects on the human environment. Although the National Environmental Policy Act does not require agencies to respond to findings of adverse consequences by taking mitigative action, such findings may force compromises or even abandonment of poorly formulated projects. Officials in the US Environmental Protection Agency feel that there are numerous examples of important changes that can clearly be traced to the surfacing of unforeseen impacts or design alternatives by environmental impact statements.

The survey of US Federal Agencies which conduct technology assessment disclosed that the most often cited limitations of technology assessment were that the findings did not bring out anything new, and that they did not give the responsible officials a more convincing way to present what they thought they knew to the decision-maker. Most of the officials interviewed felt that the vague and inconclusive treatment of social impacts on the one hand, and the naive and unrealistic treatment of policy issues on the other, constituted barriers to the utilisation of technology assessment in the decision-making process. [10]

Other criticisms and more specific insights on the utilisation of technology assessments were gained from the above-mentioned NSF-sponsored study, whose purpose was to find out how such characteristics of technology assessment as the process of interaction with potential users, and the means for dissemination, affect utilisation in a variety of settings. [9]

For instance, the study showed that the level of utilisation was highest in the legislative branch of government, which tends to be less knowledgeable about the issues, and least used by those whose estimations of their own knowledge were high. Interestingly, potential users in business and industry felt especially knowledgeable about the issues prior to receiving the technology assessments, and were the least interested in the findings.

Other conclusions of this study were that:

- findings of the technology assessment have rarely been taken into account when felt to be incompatible with institutional self-interest. Both the producers of technology assessments and potential users agreed that the products have strong political implications for user organisations;
- lack of use was due to inappropriate timing. Either the technology assessment arrived too late to influence perceptions and actions already committed, or too early to draw attention above the noise level of other issues;
- the higher the credibility of the methodology employed, the greater the probability of utilisation;
- the greater the completeness in statement of facts and underlying assumptions, the greater the utility;
- the greater the uncertainty and speculation in a technology assessment, the less the utilisation.

In order to improve the utilisation of technology assessment findings and to bring the content of assessment studies closer to the needs of potential users, the

same study suggested a number of strategies and procedures, such as:

- considering the information needs of users, especially in delineating the study, through direct interaction between producers and potential users;
- targeting content of the study for specific user groups;
- explaining the methodologies used in the assessment;
- inclusion of information necessary to evaluate the credibility of an assessment study, namely with respect to underlying assumptions;
- specifying uncertainties and speculations, including discussion of why they are important and how they can be resolved.

The most important procedural factor is the interaction between producers and potential users during the process of generating the technology assessment. This interaction has been found to be particularly useful in the early stages of the assessment process, in helping to identify perspectives and issues which will be addressed and information which will probably be relevant to the subsequent analysis. Observations show that potential users who have an early and continuing involvement with the producers are more likely to feel that their interaction has resulted in increasing the attention they pay to the study, the confidence they have in its results and the extent to which they use the technology assessment.

Later interactions have not been positive in all cases. They focus typically on collection of additional data and review or feedback of interim findings. To be sure, these contacts can further improve the analysts' sense of the potential users' expectations. But they also raise the question as to whether analysts are able to maintain their independence and objectivity, particularly in the case of conclusions which may go against the official line of the user organisation's thinking.

The National Science Foundation continues to sponsor research to improve the quality of technology assessments and their utilisation. Methodological research is directed toward improving the understanding of how different decision paradigms can be incorporated into technology assessment analysis. Utilisation research is focused on identifying how to structure information which is most policy-relevant from the wide array of findings generated from the technology assessment process. Evaluation research is being supported for the purpose of providing rigorous criticism of findings so that potential users can have the benefit of independent review as they consider using the technology assessment.[17]

The usefulness of assessments which coincide with aims of the sponsoring or producing agency can be limited

if they are perceived to be biased because of their presumed purpose of forwarding the interests of the agency. Thus, organisations with either regulatory or advocacy roles must be prepared to take steps to enhance the perceived credibility of their assessments, no matter how objective the studies may in fact be.

The question of the utilisation of technology assessments does not arise in the same terms in the case of the Office of Technology Assessment, since OTA is a service arm to the Congress and undertakes work in response to Congressional requests. Here the tendency is to judge utilisation in terms of usefulness and degree of influence on Congressional activities. To clarify this point, in 1978 the House Committee on Science and Technology carried out a detailed survey of Congressional use of assessment studies produced by OTA.[12]

One of the most striking results of the survey was the finding that the number of users for each assessment report was relatively small: from one to three persons on Congressional staffs, and even fewer Congressional members. However, the Member-users have been key individuals involved in the leadership of the relevant committees and sub-committees, and staff users have been the ones who help legislative leaders in the drafting of bills and the scheduling of hearings. In general terms, the survey indicated that just over half of the users said that the assessment had had an effect on the work of the committee.

What do Congressional staff members expect a technology assessment study to be? About 20 per cent expect a background study, another 20 per cent an independent critique and the rest a wide variety of results rather than some special type of guidance.

Impact assessments can also influence the decision-making of the legislative branch of government via the procedure of Congressional hearings. Most OTA assessments are sponsored by House and Senate Committees which will, in due time, usually hold hearings on the subjects of the assessments. After initial hearings at which the studies are presented, OTA assessment teams generally are called to testify at any subsequent hearings concerning the technologies in question. The insights gained through this iterative procedure can be reflected in modifications or refinements of legislation prior to the enactment.

The experience of the United States with the utilisation of technology assessment must of course be placed in the context of its political system. This relies traditionally on advocacy as a means to arrive at the "truth", which implies that advocates of all sides of an issue present the strongest arguments possible and the

best option will emerge from the clash of opposing viewpoints. This contrasts with the definition, and indeed the purpose, of technology assessment, which is expected to consider all sides of an issue in advance. Thus, a decision-maker faced with a technology assessment may find it difficult to use it. This explains why some decision-makers expect analysts to serve as fact-finders, while others see the analysts' function as finding out those features which support the decision-maker's particular case or bias. Each of the Member countries, to say nothing of bodies below the national level or at the international level, would encounter a similar need to tailor assessments to the policy-making systems in order to assure effective utilisation.

CONCLUSION

TOWARD A CREATIVE ASSESSMENT PROCESS

To be useful, impact assessment must be instrumental in optimising the effects of technology on society. But does its exploratory, future-oriented and long-term character preclude it from becoming an effective aid to decision-making? Is it destined to be just a report-producing exercise through which assessors are "building a library for non-readers?"

Such a sceptical view looks back to a simplified and outdated concept of the essence and role of technology. Technological development can no longer be seen as a simple accumulation of technical means. Technology has become an all-embracing and all-permeating social phenomenon. As such, it engages all of the institutions of our society and all of the processes which determine economic, social and political life. The way technology is understood and geared to meet social objectives is therefore the key concern of policy. Consequently, analysis and evaluation of technological impacts are not a peripheral business but a central issue which requires a clearly defined involvement.

It has been fashionable to set technology and society in opposition to each other and to designate technology as the main and increasingly menacing source of conflict within society. At present, however, the ever more-accentuated emphasis which governments are putting on the innovative and remedial function of technology implies that the relationship between society and technology tends to be understood as a permanent interplay of challenges and responses. It also follows that assessment of technological impacts cannot be merely a gathering of information on technology and a formulation of credible judgements on its consequences. It is, as much, a study of social developments, trends and possible future states of society. It is also, perhaps most of all, a means of identifying or designing mechanisms which could lead government institutions to effective use of assessments in decision-making.

The lack of such mechanisms is related to the absence within governments of relevant criteria to direct new technological developments toward clearly defined social goals. The mission link is technology policy. However, technology policy is impossible without an understanding of the mutual interaction between society and technology. It is here that the assessment of technology's impacts can provide a policy framework.

This means that assessment activity is not a simple "safety check", requiring decision-makers to pause at an early stage and look beyond tomorrow, because governments have no time to pause. Decision-makers need to create new capabilities for scrutinising longer-term consequences of technological change and for taking these consequences into account when necessary. In other words, governments need a capacity to deal not just with technological change but with societal perspectives purposefully incorporating new technological developments as well.

Since the only example of a standing institution devoted to technology assessment is the United States Office of Technology Assessment, it is interesting to see how the Director of this body interprets its mission; "to be Congress's own source and centre of technical expertise, responsible for providing Congress with a first-rate capability to anticipate, examine, and broadly understand the implications of technology as it acts in, for, and on, our society".[1] Here, technology assessment is understood to embrace a variety of analyses on how to resolve socio-technical problems; it is a process through which scientific methods are used to understand how society can develop, influence, and apply technology to meet social needs in the most beneficial way.

One cannot assume that the output of the technology assessment process will in itself assure a rational resolution of conflicts involving values and goals. But assessment offers an opportunity to increase the awareness and to heighten the sensitivity of both policy-makers and the public to potential conflicts. The social objective then becomes one of addressing the attendant problems before they reach a crisis stage, or of providing information which, at least, will aid in mitigating crises which cannot be avoided. Thus, the analytical and combinatory capabilities of the producers of assessments must be matched by capabilities of insight, vision and implementation on the side of decision-makers if an effective policy-making machinery is to be developed.

Among the lessons of past experience seems to be the need for a broadening of both the conceptual basis of assessment activities and their links to policy-making. Several new dimensions have been suggested.

One is the organisation of assessment activities as a form of social feed-back. According to Edward Wenk, Jr., "This would operate precisely as a feedback mechanism, although anticipatory if possible, in sensing what people want against what people get. The signals generated in this way would be transmitted to government and to the decision-making authority in the first instance".[2] But they would be made available also to all other participants in the system through the information network and the decision-making hierarchies.

A similar suggestion is to institutionalise the assessment process as an interactive problem-solving and learning process. This implies the setting-up of mechanisms for a systematic accumulation of experience on successive assessments and on actual events pertaining both to the technology and to the impacts foreseen initially.[3]

Still another suggestion is to develop a monitoring capability which can be envisaged either as a continuous checking of events with a view to verifying assessments and disclosing areas where future research is needed, or as a data-bank. The latter mechanism would allow for a systematic gathering of data on changes in technology and on relevant societal impact areas so as to enhance a broad range of assessment activities. Either form of monitoring should yield a more effective integration of assessment findings which are now scattered throughout the various government and administrative agencies.

A step further would be a more "look-out oriented" capacity. This could take the form of an independent institution whose tasks would be to supplement the scientific-technical consultation system by adding a future-oriented component. Such an institution might be able to present to decision-makers a good many credible and convincing findings on the advancement, use and implications of new technologies, and thus create conditions likely to stimulate social consensus in matters of technology.[4]

These suggested developments reflect the need for an integrated perspective on technology and technological innovation. This type of perspective would include the analysis of technology and its social implications and would lead to an efficient monitoring function in line with broad social objectives. An integrative approach would bring about the conditions for a more creative assessment of technological impacts, search for emerging issues, and design mechanisms for collecting and filtering results of R&D activities. Most important, perhaps, this approach should enable policy-makers to identify and analyse new technological opportunities for meeting social

One must also give attention to the international dimensions of technology assessment. Science and technology have played an essential role in the rapid integration of the world economy. Broad and almost simultaneous diffusion of new technological developments is soon reflected in production and consumption patterns and makes the impacts of many technologies global phenomena. The problems of industrial societies are increasingly interrelated, so that to prevent socially undesirable impacts, or to hasten the spread of desirable new technologies, becomes practically impossible at the national level. This makes joint research in support of technology assessment not only desirable, but necessary, so as to be sure that technological change will take place in the wisest manner possible.

To date, however, technology assessments have focused mainly "on the synthesis and interpretation of existing information. What has been much less developed is the use of these analyses by governments and international bodies to identify important gaps in knowledge and to take steps to fill these gaps through launching of concerted research programmes. Such research programmes should be undertaken mainly by national institutions, with national resources, but might become part of an agreed-upon multinational programme of technology assessment with negotiated international goals and milestones. The research envisioned would include international monitoring networks designed to quantify the effects of selected technologies, for example".[5]

Such an expanded "creative assessment" process would require a systematic identification of issues and a continuous process of screening technological possibilities, of anticipating their development, of estimating the rate of acceptance, of exploring their impacts on society, of evaluating their consequences, and of suggesting policy options. The evolution of technology assessment has clearly been in this direction. But the establishment of such a system for assessing the social impacts of new or expanded technologies is in itself a creative policy decision.

BIBLIOGRAPHY

Part I

THE NEED FOR AN ASSESSMENT FUNCTION

1. Arthur L. Norberg and G. Patrick Johnson, "Structure and Understanding: Some Observations on Current Activities in the Field of Structural Modeling", in Technological Forecasting and Social Change, 14/1979, p. 278.

2. Communiqué, "Meeting of the Committee for Scientific and Technological Policy at Ministerial Level", Press/A/81/14, OECD, Paris, 20th March 1981, p. 5.

3. François Hetman, Society and the Assessment of Technology, OECD, Paris, 1973, pp. 350-351.

4. Technology: Processes of Assessment and Choice, Report of the Academy of Sciences, US Congress, House Committee on Science and Astronautics, 91st Congress, 1st Session, July 1969.

5. J. Menkes, "Epistemological Issues of Technology Assessment", in Technological Forecasting and Social Change, Vol. 15, No. 1, September 1979, p. 16.

6. Vary T. Coates, "Technology Assessment: Some Aspects Related to Information Policy", Paper presented at the Symposium on Research on Impacts of Information Technologies - Hope for Escaping the Negative Effects of an Information Society?, BIFOA, Walberberg, 25-26th May 1981, p. 1.

7. Edward Wenk Jr, "Technology Assessment: Concepts, Practice and Experience in the United States", Proceedings of Workshop on Technology Assessment, Department of Science, Canberra, 1978, p. 14.

8. The Health of the Scientific and Technical Enterprise, an Advisory Panel Report to the Office of

Technology Assessment, Congress of the United States, Office of Technology Assessment, October 1978, p. 4.

9. Jiri Nehnevajsa and Joshua Menkes, Technology Assessment and Risk Analysis, Division of Policy Research and Analysis, Directorate for Scientific, Technological and International Affairs, National Science Foundation, Washington, D.C., Oct. 1980.

10. Jiri Nehnevajsa and Joshua Menkes, Technology Assessment and Risk Analysis, op. cit. p. 6.

11. J. Menkes, "Epistemological Issues of Technology Assessment", op. cit., p. 15.

12. P.M.S. Jones, "One Organisation's Experience", in H.A. Linstone and W.H.C. Simmonds, eds.: Futures Research - New Directions, Addison-Wesley Publ. Company, New York, 1977.

13. OECD, Science and Technology Policy for the 1980s, Paris, 1981, p. 106.

14. William Ascher, "Problems of Forecasting and Technology Assessment", in Technological Forecasting and Social Change, Vol. 13, No. 2, Feb. 1979.

15. Edward Wenk Jr, "Technology Assessment: Concepts, Practice and Experience in the United States", op. cit., pp. 27-28.

16. John H. Gibbons, Director's Statement, Office of Technology Assessment, Annual Report to the Congress for 1980.

17. OECD, Social Assessment of Technology in the Field of New Urban Transportation Systems, Paris, 1978, out of print.

18. Otto Keck, "Government Policy and Technical Choice in the West German Reactor Programme", in Research Policy, September 1980, p. 340.

19. M. Callon, "The State and Technical Innovation. Case Study on the Electrical Vehicle in France," in Research Policy, Sept. 1980, p. 374.

20. OECD, Technical Change and Economic Policy: Science and Technology in the New Economic and Social Context, Paris, 1980.

21. Technological Change in Australia, Report of the Committee of Inquiry into Technological Change in Australia, Vol. IV, Canberra, 1980, p. 376.

22. OECD, Methodological Guidelines for Social Assessment of Technology, Paris, 1975.

23. A.R. Demirdache, Technology Assessment -- The Process: A Canadian Perspective, Ministry of State for Science and Technology, Government of Canada, May 1979.

24. Jiri Nehnevajsa and Joshua Menkes, Technology Assessment and Risk Analysis, op. cit., p. 5.

25. Bundesbericht Forschung VI, Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Bonn, 1979.

26. R. Leitterstorf, "Co-operation Between State Agencies, Research Institutions and Other Organisations in the Assessment of Technologies in the Federal Republic of Germany", in Assessment of Technological Systems, North Atlantic Treaty Organisation, Committee on the Challenges of Modern Society, Report No. 115, Brussels, 5th-6th May, 1980.

27. Teknologivurdering i Danmark, in Betaenkening afgivet af et Advalg under Teknologiradet, Copenhagen, June 1980.

28. Jiri Nehnevajsa and Joshua Menkes, Technology Assessment and Risk Analysis, op. cit., p. 13.

Part II

THE IMPLEMENTATION

1. Joseph F. Coates, "Some Approaches to Candidates and Priorities for Technology Assessment", in Methodological Guidelines for Social Assessment of Technology, OECD, Paris.

2. National Science Foundation, Candidates and Priorities for Technology Assessment, Vol. V: A Survey of Candidate Technologies, Washington, D.C., 1973.

3. National Science Foundation, Candidates and Priorities for Technology Assessment, Vol. IV: An Approach to Priorities, Washington, D.C., 1973.

4. Office of Technology Assessment, OTA Priorities, Washington, D.C., January 1979.

5. "Review of the Office of Technology Assessment and its Organic Act", Hearings before the Subcommittee on Science, Research and Technology of the Committee on Science and Technology, US House of Representatives, 96th Congress, 1st Session, October 1979, p. 65.

6. Porter A.L., Rossini F.A., Carpenter S.R. and Roper A.T., A Guidebook for Technology Assessment and Impact Analysis, North Holland, New York, 1980.

7. Herbert Paschen, Bernd Wingert, "Overview and Discussion of Current Strategies", Symposium on Research on Impacts of Information Technologies - Hope for Escaping the Negative Effects of an Information Society?, BIFOA, Walberberg, May 1981.

8. Robin Bidwell and Karen Raymond, Environmental Impact Assessment in Europe: A Review of the Principal Characteristics and an Examination of its Effectiveness, International Symposium on Surface Transportation System Performance, Washington, D.C., 1980.

9. Council on Environmental Quality, Regulations for Implementing the Procedural Provisions of the National Environmental Policy Act, (reprint), November 1978, p. 9.

10. Fact-finding Survey of Technology Assessment in Japan - Summary, Institute for Future Technology, Tokyo, March 1979.

11. Herbert Paschen: Approaches to Technology Assessment in the Federal Republic of Germany, Institutional Aspects, IIASA, July 1977.

12. R. Leitterstorf, "Co-operation between State Agencies, Research Institutions and Other Organisations in the Assessment of Technologies in the Federal Republic of Germany", op. cit.

13. Jiri Nehnevajsa and Joshua Menkes, Technology Assessment and Risk Analysis, op. cit., p. 22.

14. Monitoring Social and Economic Impacts, Huntley Case Study, Research Unit Huntley Social and Economic Impact Monitoring Project, University of Waikato, New Zealand, 1979.

15. Clutha Power Development Luggate and Queensberry Projects: Social Impact Monitoring and Assessment, Stage 1 A, Social Impact Monitoring: Report Commissioned by Ministry of Works and Development and New Zealand Electricity,

16. Vary T. Coates, "Technology Assessment: Some Aspects Related to Information Policy", op. cit., p. 2.

17. Joe E. Armstrong and Willis W. Harman, Strategies for Conducting Technology Assessment, Stanford University, December 1977.

18. Joseph P. Martino, Ralph C. Lenz and Kuei-Lin Chen, Technology Assessment: An Appraisal of the State of the Art, University of Dayton, September 1978.

19. Joshua Menkes, Technology Assessment - A Brief Overview, National Science Foundation, Washington, D.C., 1st January, 1980.

20. OECD, Social Assessment of Technology - A Review of Selected Studies, Paris, 1978.

21. Vary T. Coates, "Technology Assessment: Some Aspects Related to Information Policy", op. cit.

22. Vary T. Coates, Technology Assessment in Federal Agencies: 1971-1976, National Science Foundation, Washington, D.C., 1979.

23. F. Sollie, "Technology Assessment in Norway", Proceedings of Workshop on Technology Assessment, Department of Science, Canberra, 1978, p. 202.

24. Recognition of Technology Assessment by Japanese Business Enterprises, Institute for Future Technology, Tokyo, 1979.

25. Günther Hartkopf, Assessment of Technological Systems, NATO, op. cit.

26. Activity of the Australian Science and Technology Council in Assessment of the Social Impact of Technology, 19th May, 1981.

27. Introductory Note by the Scientific Research and Technology Agency, Athens, 25th May, 1981.

28. Teknologivurdering i Danmark, op. cit.

29. Report of the Technology Committee, Helsinki, 1980.

30. Hazel Henderson, "Philosophical Conflict: Re-examining the Goals of Knowledge: Technology Assessment", Public Administration Review, January-February 1975.

31. Eberhard K. Jochem, "Technology Assessment and Participation", in Methodological Guidelines for Social Assessment of Technology, op. cit.

32. James B. Sullivan and Ann H. Fenn, The Role of People's Counsels in Improving Public Participation in Electric Utility Policy Making, National Science Foundation, Washington, D.C., July 1976.

33. Edward W. Lawless, Technology and Social Shock, Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey, 1977.

34. Technology on Trial - Public Participation in Decision-making Related to Science and Technology, OECD, Paris, 1979.

35. Steven E. Plotkin, "Perspectives on the Use of Technology Assessment in the United States, Background Paper", in Assessment of Technological Systems, NATO, op. cit.

36. Bundesbericht Forschung VI, op. cit.

37. Hans Landberg, Evaluation of Role of Futures Studies. Swedish Council for Planning and Co-ordination of Research, Stockholm.

38. N.D. Kirby, "Summary of the Syndicate Sessions", Proceedings of the 1979 Workshop on Technology Assessment, Department of Science and the Environment, Canberra, 1979, p. 86.

39. "Recommendations", Technological Change in Australia, op. cit., pp. 195-196.

40. Bruce Koppel, "Evaluating Assessment - A Comment and a Perspective", in Technological Forecasting and Social Change, Vol. 14, July 1979, p. 150.

41. Office of Technology Assessment, Annual Report to the Congress for 1979, Congress of the United States, Washington, D.C., 1980.

Part III

THE PROBLEMS

1. J. Menkes, "Epistemological Issues of Technology Assessment", op. cit., p. 19.

2. Ide R. Hoos, "Societal Aspects of Technology Assessment", in Technological Forecasting and Social Change, Vol. 13, No. 3, April 1979, pp. 192-193.

3. A. Wildavsky, "The Political Economy of Efficiency: Cost/Benefit Systems Analysis and PPBS", in Public Administration Review, December 1966.

4. Paul Charles Nutt, "Influence of Decision Styles on Use of Decision Models", in Technological Forecasting and Social Change, Vol. 14, No. 1, January 1979.

5. G. Allison, The Essence of Decision, Little, Brown and Co., Boston, 1971.

6. Barry Bozeman and Frederick A. Rossini, "Technology Assessment and Political Decision-Making", in Technological Forecasting and Social Change, Vol. 15, No. 1, September 1979.

7. Joe E. Armstrong and Willis W. Harman, Strategies for Conducting Technology Assessment, op. cit.

8. OECD, Social Assessment of Technology - A Review of Selected Studies, op. cit.

9. Mark R. Berg et al., Factors Affecting Utilisation of Technology Assessment Studies in Policy Making, Institute for Social Research, Ann Arbor, 1978.

10. Vary T. Coates, Technology Assessment in Federal Agencies: 1971-1976, op. cit.

11. National Science Foundation, Status of Technology Assessment: FY 1978-1980.

12. Review of the Office of Technology Assessment and its Organic Act, op. cit.

Conclusion

TOWARD A CREATIVE ASSESSMENT PROCESS

1. Review of the Office of Technology Assessment and its Organic Act, op. cit., p. 23.

2. Edward Wenk Jr., "Comments and Questions on Paper 6", Proceedings of Workshop on Technology Assessment, op. cit.

3. Jiri Nehnevajsa and Joshua Menkes, Technology Assessment and Risk Analysis, op. cit.

4. Gunther Hartkopf, Assessment of Technological Systems, NATO, op. cit.

5. OECD, Science and Technology Policy for the 1980s, op. cit.

Annex I

POSSIBLE SUBJECTS FOR ASSESSMENT STUDIES

Broad policy problem areas such as energy, materials, manufacturing, food production, health life and living substances, transportation and communications are related to relevant new technological developments and possible options.

A. Energy

Energy and new biological processes
Conservation of energy and electronics
Urban life and solar energy
Construction and solar energy
Industry and energy from oceans.

B. Materials

Cermets, ceramics, composites and replacement of metals
Use of materials and corrosion inhibiting techniques
Recovery and recycling of materials
Conservation of materials
Deep ocean minerals development
Space technology and exploration of mineral resources.

C. Life and living substances

Industry and renewable resources
Renewable resources and genetic engineering
Industrial processes and enzyme engineering
Forest resources and bio-engineering.

D. Food and nutrition

Productivity of land and chemical technology
Crops and microbiology

Livestock feeding, drugs and chemicals
Food and environmental contaminants
Water supply and new technological developments
Food industries and new techniques of conservation
Living ocean resources and new technological developments.

E. Manufacturing

Photochemistry
Production processes and development of laser techniques
Industry and robotics
Module-type manufacturing
Manufacturing and re-use of components.

F. Human Health

Health care services and computer-based instruments of diagnosis and delivery
Health promotion and disease prevention technologies
Health care policy and health data systems
Surgery and new technological developments.

G. Transportation and Communications

Transportation and solar batteries
Vehicles and new control technologies
Travel and space technologies
Education and satellites.

Annex II

OTA PRIORITIES - 1979

(Ranked in order)

Impact of Technology on National Water Supply and Demand
Alternative Global Food Futures
Health Promotion and Disease Prevention Technologies
Technology and World Population
Impact of Technology on Productivity of the Land.

Impact of Technology on Productivity, Inflation, and Employment
Technology and the Developing World - Meeting Basic Human Needs
Peace Technology
Impact of Microprocessing on Society
Applications of Technology in Space.

Designing for Conservation of Materials
Future of Military Equipment
Impact of Technology on the Movement of Goods
Weather and Climate Technology
Allocating the Electromagnetic Spectrum Globally.

Implications of Increased Longevity
Controlled Thermonuclear Fusion
Technology and Mental Health
Technology and Education
Prescription Drug Use.

Forest Resource Technologies
Health Technologies and Third-World Diseases
Electric Vehicles: Applications and Impacts
R&D Priorities for US Food Production
Alternative Materials Technologies.

Deep Ocean Minerals Development
Energy Efficiency in Industry
Role of Technology in Meeting Housing Needs
Ocean Waste Disposal
Technology and the Handicapped.

Source: OTA Priorities - 1979. Office of Technology Assessment, Congress of the United States, Washington, D.C., January 1979.

Annex III

ASSESSMENTS IN PROGRESS

Energy, Materials, and Global Security

Alternative Energy Futures
Home Energy Use - Conservation Issues
The Direct Use of Coal
Solar Power Satellites
Energy from Biological Processes
Effects of Nuclear War
Foreign Policy Implications of Global Trends in Energy Supply and Demand
Technology Transfer
The Impact of Technology and Competitiveness of US Industries
Analysis of Laws Governing Access across Federal Lands for Minerals Development
Management of Fuel and Nonfuel Minerals on Federal Land
Materials and Energy from Waste
Conservation of Metals to Reduce Losses in the Minerals Cycle
Federal Coal Development Rights
Oil Shale - A Case Study of Recovery of Minerals from Subeconomic Resources
Opportunities and Vulnerabilities of US Dependence on Imported Nonfuel Minerals.

Health and Life Sciences

Cost Effectiveness of Medical Technologies
Pneumococcal Vaccine
Computer Technology and the Quality of Physician Services
Health Data Systems
Drugs and Chemicals in Livestock Feeding
Open Shelf-Life-Dating of Food
Pest Management Strategies
Environmental Contaminants in Food
Impacts of Applied Genetics.

Science, Information and Transportation

Siting of Coastal Energy Facilities
Renewable Energy from Oceans
Disposal of Nuclear Waste
Technology for Local Development
Technological Innovation and Health, Safety, and Environmental Regulations.

Source: OTA Priorities - 1979, Ibid.

Annex IV

NEW TECHNICAL OPPORTUNITIES(*)

(i) Opportunities for capitalisation on mature technologies

- Information, communications, and control technologies
- Space technologies
- Microbiology.

(ii) Incipient areas of promise

- Genetic engineering
- Photochemistry
- Enzyme engineering
- Fast nuclear reactors other than the LMFBR
- Catalysis and interface chemistry.

(iii) Interdisciplinary and intersectoral fields

- Materials in general, including the evolutionary replacement of metals and alloys by ceramics, composites and polymers
- Non-destructive testing techniques and systems of quality assurance, physical instrumentation for non-invasive sensing
- Risk assessment and modelling
- Corrosion and novel methods for inhibiting corrosion through surface treatments (refractory coatings, ion implementation, electron beam or laser surface treatment, etc.)
- Efficient use of energy.

(iv) Complex interactive systems

- Climate modelling, macro and micro

(*) According to the classification system used by the French Government in its Ten Year Programme for Research.

- Global chemical cycles and man's impact on them, e.g. carbon, nitrogen, sulfur, phosphorous, water
- Positive environmental engineering: weather and climate control, engineering of the stratosphere, engineering of the earth's albedo on a regional basis.
- Cost-benefit and cost-effectiveness analysis for health care and for environmental management and protection
- Ecosystems analysis and renewable resource management
- Social analysis of work organisations
- Resource assessments in terms of modern geological concepts (plate tectonics) and remote sensing from satellites.

OECD SALES AGENTS
DÉPOSITAIRES DES PUBLICATIONS DE L'OCDE

ARGENTINA – ARGENTINE
Carlos Hirsch S.R.L., Florida 165, 4° Piso (Galeria Guemes)
1333 BUENOS AIRES, Tel. 33.1787.2391 y 30.7122

AUSTRALIA – AUSTRALIE
Australia and New Zealand Book Company Pty. Ltd.,
10 Aquatic Drive, Frenchs Forest, N.S.W. 2086
P.O. Box 459, BROOKVALE, N.S.W. 2100

AUSTRIA – AUTRICHE
OECD Publications and Information Center
4 Simrockstrasse 5300 BONN. Tel. (0228) 21.60.45
Local Agent/Agent local :
Gerold and Co., Graben 31, WIEN 1. Tel. 52.22.35

BELGIUM – BELGIQUE
CCLS – LCLS
19, rue Plantin, 1070 BRUXELLES. Tel. 02 521 04 73

BRAZIL – BRÉSIL
Mestre Jou S.A., Rua Guaipa 518,
Caixa Postal 24090, 05089 SAO PAULO 10. Tel. 261.1920
Rua Senador Dantas 19 s/205-6, RIO DE JANEIRO GB.
Tel. 232.07.32

CANADA
Renouf Publishing Company Limited,
2182 St. Catherine Street West,
MONTRÉAL, Que. H3H 1M7. Tel. (514)937 3519
OTTAWA, Ont. K1P 5A6, 61 Sparks Street

DENMARK – DANEMARK
Munksgaard Export and Subscription Service
35, Norre Sogade
DK 1370 KOBENHAVN K. Tel. +45.1.12.85.70

FINLAND – FINLANDE
Akateeminen Kirjakauppa
Keskuskatu 1, 00100 HELSINKI 10. Tel. 65.11.22

FRANCE
Bureau des Publications de l'OCDE,
2 rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16. Tel. (1) 524.81.67
Principal correspondant :
13602 AIX-EN-PROVENCE : Librairie de l'Université.
Tel. 26.18.08

GERMANY – ALLEMAGNE
OECD Publications and Information Center
4 Simrockstrasse 5300 BONN Tel. (0228) 21.60.45

GREECE – GRÈCE
Librairie Kauffmann, 28 rue du Stade,
ATHÈNES 132. Tel. 322.21.60

HONG-KONG
Government Information Services,
Publications/Sales Section, Baskerville House,
2/F., 22 Ice House Street

ICELAND – ISLANDE
Snaebjörn Jónsson and Co., h.f.,
Hafnarstraeti 4 and 9, P.O.B. 1131, REYKJAVIK
Tel. 13133/14281/11936

INDIA – INDE
Oxford Book and Stationery Co. :
NEW DELHI-1, Scindia House. Tel. 45896
CALCUTTA 700016, 17 Park Street. Tel. 240832

INDONESIA – INDONÉSIE
PDIN-LIPI, P.O. Box 3065/JKT., JAKARTA, Tel. 583467

IRELAND – IRLANDE
TDC Publishers – Library Suppliers
12 North Frederick Street, DUBLIN 1 Tel. 744835-749677

ITALY – ITALIE
Libreria Commissionaria Sansoni :
Via Lamarmora 45, 50121 FIRENZE. Tel. 579751/584468
Via Bartolini 29, 20155 MILANO. Tel. 365083
Sub-depositari :
Ugo Tassi
Via A. Farnese 28, 00192 ROMA. Tel. 310590
Editrice e Libreria Herder,
Piazza Montecitorio 120, 00186 ROMA. Tel. 6794628
Costantino Ercolano, Via Generale Orsini 46, 80132 NAPOLI. Tel. 405210
Libreria Hoepli, Via Hoepli 5, 20121 MILANO. Tel. 865446
Libreria Scientifica, Dott. Lucio de Biasio "Aeiou"
Via Meravigli 16, 20123 MILANO Tel. 807679
Libreria Zanichelli
Piazza Galvani 1/A, 40124 Bologna Tel. 237389
Libreria Lattes, Via Garibaldi 3, 10122 TORINO. Tel. 519274
La diffusione delle edizioni OCSE è inoltre assicurata dalle migliori librerie nelle città più importanti.

JAPAN – JAPON
OECD Publications and Information Center,
Landic Akasaka Bldg., 2-3-4 Akasaka,
Minato-ku, TOKYO 107 Tel. 586 2016

KOREA – CORÉE
Pan Korea Book Corporation,
P.O. Box n° 101 Kwangwhamun, SÉOUL. Tel. 72 7369

LEBANON – LIBAN
Documenta Scientifica/Redico,
Edison Building, Bliss Street, P.O. Box 5641, BEIRUT.
Tel. 354429 – 344425

MALAYSIA – MALAISIE
and/et **SINGAPORE – SINGAPOUR**
University of Malaya Co-operative Bookshop Ltd.
P.O. Box 1127, Jalan Pantai Baru
KUALA LUMPUR Tel. 51425, 54058, 54361

THE NETHERLANDS – PAYS-BAS
Staatsuitgeverij
Verzendboekhandel Chr. Plantijnstraat 1
Postbus 20014
2500 EA S-GRAVENHAGE Tel. nr. 070 789911
Voor bestellingen: Tel. 070 789208

NEW ZEALAND – NOUVELLE-ZÉLANDE
Publications Section,
Government Printing Office Bookshops:
AUCKLAND: Retail Bookshop, 25 Rutland Street,
Mail Orders: 85 Beach Road, Private Bag C.P.O.
HAMILTON: Retail Ward Street,
Mail Orders, P.O. Box 857
WELLINGTON: Retail: Mulgrave Street (Head Office),
Cubacade World Trade Centre
Mail Orders: Private Bag
CHRISTCHURCH: Retail: 159 Hereford Street,
Mail Orders: Private Bag
DUNEDIN: Retail: Princes Street
Mail Order: P.O. Box 1104

NORWAY – NORVÈGE
J.G. TANUM A/S Karl Johansgate 43
P.O. Box 1177 Sentrum OSLO 1. Tel. (02) 80.12.60

PAKISTAN
Mirza Book Agency, 65 Shahrah Quaid-E-Azam, LAHORE 3.
Tel. 66839

PHILIPPINES
National Book Store, Inc.
Library Services Division, P.O. Box 1934, MANILA.
Tel. Nos. 49 43 06 to 09, 40 53 45, 49 45 12

PORTUGAL
Livraria Portugal, Rua do Carmo 70-74,
1117 LISBOA CODEX. Tel. 360582/3

SPAIN – ESPAGNE
Mundi-Prensa Libros, S.A.
Castelló 37, Apartado 1223, MADRID-1. Tel. 275.46.55
Libreria Bosch, Ronda Universidad 11, BARCELONA 7.
Tel. 317.53.08, 317.53.58

SWEDEN – SUÈDE
AB CE Fritzes Kungl Hovbokhandel,
Box 16 356, S 103 27 STH, Regeringsgatan 12,
DS STOCKHOLM Tel. 08/23.89.00

SWITZERLAND – SUISSE
OECD Publications and Information Center
4 Simrockstrasse 5300 BONN Tel. (0228) 21.60.45
Local Agents/Agents locaux
Librairie Payot, 6 rue Grenus, 1211 GENÈVE 11. Tel. 022 31.89.50

TAIWAN – FORMOSE
Good Faith Worldwide Int'l Co., Ltd.
9th floor, No. 118, Sec. 2
Chung Hsiao E. Road
TAIPEI Tel. 391 7396/391 7397

THAILAND – THAILANDE
Suksit Siam Co., Ltd., 1715 Rama IV Rd,
Samyan, BANGKOK 5 Tel. 2511630

TURKEY – TURQUIE
Kultur Yayinlari Is Türk Ltd. Sti
Atatürk Bulvari No : 77/B
KIZILAY/ANKARA Tel. 17 02 66
Dolmabahce Cad. No : 29
BESIKTAS/ISTANBUL Tel. 60 71 88

UNITED KINGDOM – ROYAUME-UNI
H.M. Stationery Office, P.O.B. 569,
LONDON SE1 9NH Tel. 01 928 6977, Ext. 410 or
49 High Holborn, LONDON WC1V 6 HB (personal callers)
Branches at: EDINBURGH, BIRMINGHAM, BRISTOL,
MANCHESTER, BELFAST

UNITED STATES OF AMERICA – ÉTATS-UNIS
OECD Publications and Information Center, Suite 1207,
1750 Pennsylvania Ave., N.W. WASHINGTON, D.C.20006 – 4582
Tel. (202) 724 1857

VENEZUELA
Libreria del Este, Avda. F. Miranda 52, Edificio Galipan,
CARACAS 106 Tel. 32.23.01/33.26.04/31.58.38

YUGOSLAVIA – YOUGOSLAVIE
Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, P.O.B. 36, BEOGRAD
Tel. 621-992

Les commandes provenant de pays où l'OCDE n'a pas encore désigné de dépositaire peuvent être adressées à :
OCDE, Bureau des Publications, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16

Orders and inquiries from countries where sales agents have not yet been appointed may be sent to:
OECD, Publications Office, 2 rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16.

00181 2 1983

FRANCES STEWART

TECNOLOGÍA Y SUBDESARROLLO

Traducción de
EDUARDO L. SUÁREZ

FONDO DE CULTURA ECONÓMICA
MÉXICO

I. ELECCIÓN TECNOLÓGICA

ESTE LIBRO se ocupa del efecto de la tecnología sobre el desarrollo. Tal efecto depende de la tecnología en uso en los países subdesarrollados, que a su vez depende de la tecnología al alcance del país y de la elección hecha dentro del total disponible. En este capítulo examinaremos la naturaleza de la elección tecnológica.

A menudo se identifica la tecnología con el conocimiento acerca de las máquinas y los procesos de producción. Aquí adoptaremos una definición mucho más amplia, que incluye todos los "conocimientos, habilidades y procedimientos para la fabricación, el uso y la ejecución de cosas útiles".[1] En consecuencia, la tecnología incluye los métodos empleados en las actividades realizadas tanto dentro como fuera del mercado. Incluye la naturaleza y la especificación de lo que se produce —el diseño del producto— y la forma en que se produce. Abarca las técnicas de administración y comercialización, al igual que las técnicas directamente involucradas en la producción. La tecnología se extiende a los servicios —administración, educación, banca y legislación, por ejemplo—, así como a la manufactura y la agricultura. Una descripción completa de la tecnología usada en un país incluiría la organización de las unidades productivas en términos de la escala y la propiedad. Aunque gran parte del análisis se hará en términos del desarrollo tecnológico logrado en el campo de las máquinas y los procesos de producción, la definición más amplia tiene importancia porque existen algunas relaciones entre las máquinas y la programación —por ejemplo, entre las técnicas del proceso mecánico y la administración, por una parte, y los servicios de infraestructura, por la otra— que ayudan a determinar la elección hecha en ambas esferas.

La tecnología consiste en una serie de técnicas. La tecnología a disposición de un país particular es el total de las técnicas que conoce (o que puede llegar a conocer sin gran dificultad) y que podría adquirir, mientras que la tecnología en uso es el subconjunto de las técnicas que *ha* adquirido ya. Debe advertirse que la tecnología a disposición de un país no puede identificarse con el total de las técnicas conocidas: por una parte, la debilidad de las comunicaciones puede hacer que un país particular conozca sólo una parte del total de métodos conocidos en el mundo. Ésta puede ser una limitación importante de la elección tecnológica. Por otra parte, es posible que se conozcan los métodos, pero estén fuera del alcance del país en cuestión porque nadie esté produciendo la maquinaria u otros insumos requeridos. Esto también limita la elección tecnológica.

[1] R. S. Merrill (1968)

Cada técnica se asocia a un conjunto de características. Estas características incluyen la naturaleza del producto, el uso de los recursos —de maquinaria, mano de obra calificada y no calificada, administración, materiales y energéticos—, la escala de la producción, los productos y servicios complementarios involucrados, etcétera. Cualquiera de estas características, o todas ellas, pueden ser importantes para la determinación de la posibilidad y(o) la conveniencia de la adopción de una técnica particular en un país particular y de sus consecuencias.

Más formalmente, podemos pensar que el total de las técnicas conocidas, $wT = \{ Ta, Tb, Tc, Td, \ldots Tn \}$ (donde "conocidas" significa conocidas en el mundo) constituye la tecnología mundial. Para un país particular, la tecnología disponible para la adopción es el subconjunto de la tecnología mundial conocido por el país en cuestión *y* disponible. Por ejemplo, $cT = \{ \bar{T}a, \ldots \bar{T}n \}$, donde *c* denota el país y la raya indica que sólo se incluyen las técnicas conocidas y disponibles en el país. O sea que $cT \subset wT$.

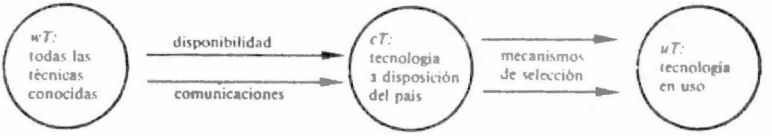
Cada una de las técnicas *Ta, Tb, . . .*, etcétera, es un vector consistente en un conjunto de características, ai, aii, aiii, bi, bii, biii . . . Así pues, la tecnología puede describirse en forma matricial, donde cada columna representa las características de cada técnica, como sigue:

Matriz de la Tecnología Mundial = wT

Características	*Ta*	*Tb*	*Tc*	*Td*	*Te*
Tipo del producto					
Naturaleza del producto					
Escala de la producción					
Insumos de materiales					
Insumo de mano de obra:					
calificada					
no calificada					
Insumo de administración					
Requerimientos de inversión					

La tecnología en uso en un país particular es el subconjunto de la tecnología a su disposición que ha sido seleccionada e introducida, o sea que $uT = \{Ta\ Tn\}$, donde $uT \subset cT \subset wT$.

Los procesos mediante los cuales se reduce la tecnología mundial a un conjunto efectivo de técnicas en uso pueden describirse en términos gruesos como sigue:



GRÁFICA I.1

Así pues, la tecnología efectivamente usada está limitada primero por la naturaleza de la tecnología mundial, luego por la disponibilidad de las técnicas para el país, y por último por la elección hecha entre las técnicas disponibles. Si la tecnología en uso se considera inadecuada, ello puede deberse a que la tecnología mundial sea inadecuada, o a que esté a disposición del país un subconjunto inadecuado, o a que se haga una selección inadecuada, o a alguna combinación de estas tres razones. Cuando no se distingue entre las tres razones, puede incurrirse en una confusión. En el resto de este capítulo analizaremos la elección tecnológica de los países subdesarrollados en términos de estas tres etapas. Finalmente, compararemos el enfoque más convencional de la elección de técnica con el enfoque adoptado aquí.

LA TECNOLOGÍA MUNDIAL

Las técnicas no existen en el cielo, en grutas platónicas o en la imaginación de los empresarios, listas para ser tomadas del aire e incorporadas al uso. Las técnicas, ya sean métodos de administración o máquinas para la producción de bienes de consumo, deben ser inventadas, desarrolladas, introducidas, modificadas, etcétera. El desarrollo de las técnicas es esencialmente un proceso histórico en el que una técnica dotada de un conjunto de características sustituye a otra de acuerdo con las circunstancias históricas del momento. La naturaleza histórica del desarrollo tecnológico significa que el momento y las circunstancias en que se desarrolle cualquier técnica particular influyen fuertemente sobre sus características. En primer lugar, el conocimiento científico y técnico varía entre los lugares y, sobre todo, a través del tiempo. Tal variación a través del tiempo ha sido particularmente marcada en los países ahora industrializados durante los últimos dos-

cientos años.[2] Así pues, el estado del conocimiento científico y técnico prepara el escenario, o provee el punto de partida, para nuevos desarrollos. En virtud de los desarrollos científicos y técnicos ocurridos en forma muy sostenida durante este tiempo, es cierto en general que las técnicas más recientes tienen algunas ventajas frente a las técnicas anteriores en términos de este punto de partida, y por esta razón es probable que tengan una productividad y una eficiencia mayores en relación con el uso de recursos.

El estado de la ciencia puede preparar el escenario, pero otras circunstancias históricas y económicas tienen una importancia decisiva para la determinación de las características de las técnicas introducidas. Las técnicas sólo se desarrollan e introducen cuando se las considera viables en la economía a la que se introducen. Esta viabilidad requiere que el uso de recursos involucrados concuerde con la disponibilidad de recursos en términos de la naturaleza de los recursos usados, de su cantidad y su precio; requiere también la existencia de un mercado adecuado para los productos generados. En una economía más perfectamente competitiva de maximización del beneficio, podemos ser más precisos acerca de las condiciones necesarias para la innovación afortunada: dados los precios vigentes de los recursos y productos, la técnica nueva generará beneficios superiores a los normales. En el mundo más real de imperfecciones del mercado y de variadas motivaciones entre los innovadores, sigue siendo cierto que una innovación introducida en una economía capitalista debe concordar suficientemente con los costos de los recursos y los mercados para producir beneficios a largo plazo. Así pues, el hecho de que se introduzca y desarrolle una técnica depende en gran medida de las condiciones históricas y económicas existentes en el momento de su introducción. Por ejemplo, en el siglo XX presenciamos el desarrollo de técnicas para la producción masiva de automóviles. Tales desarrollos dependieron en gran medida de algunos desarrollos técnicos existentes antes; del lado de los recursos, los desarrollos requirieron el uso masivo de materiales, tales como el hule y el acero, de un tipo y una calidad que sólo se habían desarrollado recientemente; requirió también la inversión masiva permitida por los niveles de ingreso del siglo XX. La educación de la fuerza de trabajo ocurrida a fines del siglo XIX produjo una mano de obra adecuada para estos métodos de producción. Del lado de la demanda, surgieron mercados masivos a resultas del aumento de los ingresos.

Las circunstancias económicas e históricas derivan a su vez de la tecnología usada en una sociedad, y por lo tanto de los desarrollos técnicos anteriores. El ejemplo del automóvil pone esto en claro: la dis-

[2] Véase, por ejemplo, Bernal (1969), quien hace una descripción histórica de los desarrollos científicos a través del tiempo.

ponibilidad de materiales particulares a precios suficientemente bajos se debió a las innovaciones introducidas antes en la producción de hule y de acero; los altos ingresos que proveyeron los ahorros necesarios para el financiamiento de la inversión masiva derivaron del uso de una tecnología altamente productiva; de igual modo, los mercados de automóviles surgieron de los mayores sueldos y salarios generados por la tecnología de productividad (relativamente) elevada ya en uso. Así pues, la innovación técnica y el cambio económico están interrelacionados, el uno alimenta al otro, de modo que a menudo resulta difícil distinguir cuál es la causa y cuál el efecto.

Convendrá clasificar estas circunstancias económicas e históricas, que condicionan las características de las técnicas, en tres categorías, y analizar brevemente cada una de ellas:

1) la organización de la producción;
2) los niveles (y la distribución) del ingreso;
3) los factores técnicos

1) *La organización de la producción.* Está claro que los métodos diseñados para su uso en empresas familiares tenderán a diferir de los métodos destinados a la producción en gran escala por una empresa multinacional que tenga, por ejemplo, mil empleados en cada planta, una especialización y un movimiento flexible de los materiales, las partes y la administración entre las plantas, a menudo situadas en países distintos, y a veces en continentes diferentes. Cuando predomina la empresa familiar, es probable que la tecnología sea de pequeña escala y personal. La especialización tenderá a ser menor, de modo que una gran proporción de cada bien se producirá dentro de la familia. En cambio, la empresa multinacional puede especializarse a gran escala en cada planta y ensamblar las partes en una planta diferente. El alejamiento de los jefes frente a los trabajadores —en verdad, la dificultad para identificar un jefe—, puede conducir a la despersonalización del proceso productivo. Éstos son ejemplos extremos, pero ilustran la afirmación general de que la naturaleza de la organización de la producción afecta el diseño de la tecnología. Otro ejemplo: un sistema donde una sola empresa estatal tenga el monopolio de la producción de energéticos tenderá a conducir a un tipo de tecnología de los energéticos distinto del tipo correspondiente a un sistema donde cada empresa produzca su propia energía. Existe una relación recíproca entre la tecnología y la organización económica: los desarrollos tecnológicos pueden generar algunos cambios en los métodos de organización, o pueden acentuar las tendencias. Por ejemplo, el cambio a un sistema fabril, ocurrido en los siglos XVIII y XIX, se debió en parte a las economías de la concentración de las fuentes de energía;

en parte, pero no del todo, ya que podrían haber ocurrido algunos desarrollos técnicos que permitieran la continuación del trabajo a domicilio y el empleo por cuenta propia; el hecho de que no hayan ocurrido tales desarrollos se ha atribuido a los cambios socioeconómicos que estaban ocurriendo independientemente del cambio técnico.[3] La organización de la producción existente condiciona los desarrollos técnicos, sobre todo cuando los propios desarrollos técnicos se inician y se desenvuelven dentro de estas unidades o para ellas. Esto se aplica a buena parte de la investigación y el desarrollo experimental de hoy, que es el producto de los departamentos de investigación de grandes compañías.[4]

La escala de las unidades productivas, la especialización, el método de organización del trabajo, y las técnicas administrativas, constituyen ejemplos obvios de algunas características de las técnicas que se ven muy influidas por la forma en que esté organizada la economía.

2) *Los niveles de ingreso.* Los niveles de ingreso son importantes desde el punto de vista de los recursos y desde el punto de vista del mercado. Del lado de los recursos, la disponibilidad general de ahorros está determinada en gran medida por los niveles medios de los ingresos. Las razones de ahorro varían de acuerdo con la distribución de los ingresos y otros factores, pero el determinante principal sigue siendo el nivel del ingreso. A su vez, la disponibilidad de ahorros determina la inversión media por miembro de la fuerza de trabajo. Por lo tanto, a medida que aumentan los ingresos, también tiende a aumentar la razón de la inversión al empleado. Esto se aplica también al gasto en educación de la fuerza de trabajo y en el mejoramiento de su salud. Las técnicas introducidas en las sociedades de ingresos altos pueden dar por sentado normalmente la existencia de fuerzas de trabajo más educadas y saludables. El costo de oportunidad de la mano de obra también cambia con los ingresos: las sociedades de ingresos más altos ocupan esa posición a causa de la mayor productividad de la fuerza de trabajo. Esta mayor productividad significa que es mayor el costo de oportunidad de la mano de obra (y la tasa salarial). En las economías que cuentan con una productividad de la mano de obra generalmente elevada, sólo se introducen técnicas que impliquen una

[3]Véase el ensayo de Marglin (1974) que lleva el título gráfico de "What do Bosses do? The Origins and Functions of Hierarchy in Capitalists Production" [¿Qué hacen los jefes? Orígenes y funciones de la jerarquía en la producción capitalista.]

[4]Un análisis del gasto en investigación y desarrollo experimental realizado en los Estados Unidos en 1953 demostró que las grandes corporaciones (con más de cinco mil empleados) eran responsables de cerca del 70% del total, las firmas medianas (mil a cinco mil empleados) realizaron el 18.5%, y las firmas de menos de mil empleados aportaron el 12.5%. Véase Schmookler (1966), cuadro 3.

alta productividad de la mano de obra porque sólo tales técnicas serán rentables. Las técnicas de baja productividad (en relación con el promedio de la economía) no podrán financiar salarios suficientes para el pago de la mano de obra necesaria.

Del lado del mercado, el nivel (la distribución) del ingreso determina la extensión y la naturaleza del mercado. Engel señaló que las proporciones del gasto en distintas categorías de bienes cambiaban al aumentar los ingresos; en particular, el gasto en alimentos bajaba proporcionalmente. Es probablemente más importante el hecho de que la naturaleza de los productos consumidos cambia dentro de cada categoría general.

A medida que los individuos (y las sociedades) se vuelven más ricos, no consumen simplemente mayores cantidades de los mismos bienes de antes (diez sacos de papas al año, en lugar de dos), sino que cambia también la naturaleza de los productos que consumen. Las mismas necesidades generales se satisfacen con un conjunto de productos diferente, que incorpora un conjunto de características diferente (en general más satisfactorias, más refinadas), de mayor nivel. El arroz tiende a ser sustituido por el trigo y la carne; los juglares medievales, por las películas y la radio; la radio, por la televisión, primero en blanco y negro y luego a colores. Los automóviles sustituyen a los vehículos de tracción animal o humana, y luego se vuelven más refinados, rápidos y silenciosos. Los cambios ocurridos en la naturaleza de los productos consumidos constituyen un aspecto esencial de su enriquecimiento: mucho antes de que la ciencia y la tecnología modernas permitieran la clase de sustitución de productos antes descrita, las sociedades y los individuos más ricos se distinguían de sus contemporáneos más pobres por la naturaleza de los bienes que consumían, así como por su cantidad: por sus sedas y sus palacios. La ciencia y la tecnología modernas permitieron la existencia de diversos productos antes desconocidos, aun inconcebibles, y volvieron sistemática la búsqueda de productos nuevos. Estos productos nuevos son a la vez una causa y una consecuencia del aumento de los ingresos: los ingresos más elevados proveen el poder de compra y por ende los mercados que vuelven costeable el desarrollo de productos nuevos; y los desarrollos tecnológicos permiten la producción en masa de bienes refinados, hechos de materiales nuevos, que constituyen la base de los aumentos del ingreso.

La naturaleza del producto, que es una característica importante de las técnicas, está así relacionada con el nivel de ingresos del consumidor al que se destina dicho producto. Las especificaciones del producto se relacionan también con los factores culturales y con los requerimientos impuestos por la tecnología en uso; por ejemplo, si la tecnología empleada en la labor de tejido requiere un tipo y una calidad de hilo particulares, esto puede determinar las características del hilo.

3) Los factores técnicos. Esta designación es una abreviatura que describe los requerimientos técnicos impuestos por el sistema en conjunto. Toda innovación técnica singular debe ajustarse al resto del sistema en términos de los requerimientos de insumos que impone y en términos de la demanda del bien. El caso del hilo antes mencionado es un ejemplo de los requerimientos impuestos por una parte de la tecnología en uso sobre otras partes. Una técnica nueva debe usar insumos que estén disponibles, o puedan volverse disponibles, y debe proveer un producto que encaje en la producción posterior si se trata de un bien intermedio, o en los patrones de consumo si se trata de un bien de consumo. Estos requerimientos dejan cierto margen para las variaciones, pero también imponen algunas restricciones. Existen enlaces tecnológicos entre diversas partes del sistema, lo que significa que gran parte de la tecnología viene en paquete, o sea que no puede separarse e introducirse poco a poco sino que aparece como un todo.[5] Los requerimientos de una técnica van más allá de los insumos materiales directamente involucrados en el proceso productivo e incluyen los insumos administrativos y los servicios infraestructurales. Por ejemplo, es posible que el uso eficiente de una técnica particular sólo sea compatible con métodos de administración refinados que involucren los métodos de contabilidad avanzados y el control de los inventarios por computadora; puede imponer también algunas demandas particulares de energéticos, agua y transportes.[6] Los requerimientos técnicos se aplican a los métodos de administración del sistema en conjunto; el tipo de orden legal requerido por una operación eficiente. el sistema fiscal, etc., se relacionan con la tecnología en uso. Los niveles de vida de la fuerza de trabajo pueden constituir otro requerimien-

[5]Según Berger y otros (1973), los paquetes pueden ser *intrínsecos,* cuando los elementos individuales son inseparables, o *extrínsecos,* cuando tales elementos *pueden* adquirirse por separado. La distinción no es analítica; los elementos analíticamente inseparables se describirán mejor como elementos singulares. Se trata más bien de las posibilidades prácticas, del costo y las consecuencias de la separación. Por lo tanto, la separación depende de la forma en que haya evolucionado el paquete a través del tiempo y de las opciones que se hayan desarrollado. Esto significa (*i*) que no existe una línea clara que separe los paquetes intrínsecos de los extrínsecos, sino que es más bien una cuestión de opinión; y (*ii*) que el mismo paquete puede ser intrínseco en cierto momento y convertirse en extrínseco cuando se desarrollan nuevas posibilidades, como ocurre con el aumento gradual de las opciones del paquete representado por la inversión multinacional. Cuando se habla de *paquete* en el análisis anterior, se trata normalmente de un paquete intrínseco, juzgado por las posibilidades, el costo y la eficiencia actuales; se requerirían nuevos desarrollos para convertirlo en extrínseco.

[6]El estudio que hace Doyle (1965), de dos plantas de cemento, constituye un ejemplo de la forma en que una técnica puede requerir insumos específicos de servicios infraestructurales; esto condujo a una inversión considerable en Indonesia, donde tales plantas no estaban disponibles antes, por comparación con la situación existente en los Estados Unidos, donde sí estaban disponibles.

to técnico.[7] El insumo de mano de obra requerido, en términos de energía, concentración, puntualidad y alfabetismo, se relacionan con la tecnología. Todos estos requerimientos dependen de los niveles de vida —y por lo tanto de los ingresos reales— de los trabajadores y de su educación. Esto no quiere decir que cada técnica imponga un conjunto de requerimientos único, ni que sólo pueda operar si se satisfacen tales requerimientos. Está claro que puede haber cierta variación en cuanto a la calidad y la cantidad de la mayoría de los insumos mencionados. Pero toda variación tiende a conducir a ciertas variaciones de la productividad de las técnicas, y una desviación suficiente de la clase de insumos para los que están diseñadas las técnicas puede conducir a un derrumbe total. Por ejemplo, los automóviles diseñados para los caminos de los países avanzados, que suponen la disponibilidad de mecánicos altamente capacitados para el mantenimiento y la reparación, funcionarán en los caminos arenosos, como demuestran los safaris del África oriental. Pero no funcionarán donde no haya caminos en absoluto, y la vida útil y la eficiencia de la operación se verán gravemente afectadas por las condiciones diferentes de países que sólo tienen caminos no pavimentos y pocos mecánicos.

Las técnicas se desarrollan en el marco de un paquete tecnológico particular: un conjunto y una calidad particulares de insumos, servicios infraestructurales, sistema legal y administrativo, fuerza de trabajo, etcétera. Algunas de las técnicas pueden imponer requerimientos nuevos al sistema, conduciendo al desarrollo de insumos nuevos o mejorados o, por ejemplo, al readiestramiento de la fuerza de trabajo. Pero aun cuando así acontezca, tales técnicas tienden a dar por sentado más de lo que cambian. Una innovación tecnológica forma generalmente una ondulación en el mar de la tecnología en uso, no un huracán ni un tornado. Así pues, la fecha y el lugar de la introducción de la técnica determinan la naturaleza del paquete tecnológico al que debe ajustarse.

En las sociedades industriales, donde ocurre la mayor parte del desarrollo tecnológico, los desarrollos tecnológicos y económicos forman un ciclo dinámico interconectado y autoimpulsado. A medida que aumentan los ingresos, también aumentan los salarios, lo que vuelve antieconómica la tecnología existente por comparación con las innovaciones ahorradoras de mano de obra. El aumento de los ingresos permite un gasto mayor en la inversión por empleado. Las técnicas más recientes combinan un mayor conocimiento científico y técnico con el mayor gasto en inversión y consiguientemente tienden a asociar-

[7] El concepto empleado por Myrdal en *Asian Drama* para abarcar todos los elementos tales como la nutrición, la salud e higiene, importantes para la eficiencia y el bienestar de la gente.

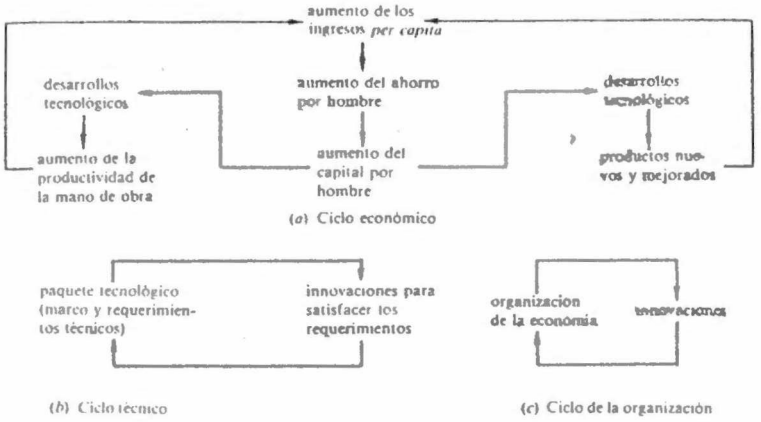
se con una productividad de la mano de obra creciente, lo que conduce a un nuevo aumento de los ingresos y a un nuevo incentivo para la innovación. Existe también un ciclo dinámico en el desarrollo de los productos: las innovaciones consisten en gran medida en productos nuevos y(o)mejorados;[8] estos productos nuevos constituyen en parte el aumento de los ingresos y de los niveles de consumo *per capita* (y son requeridos por tal aumento). Los requerimientos técnicos forman también un ciclo dinámico: cada innovación cambia el paquete tecnológico en uso y por ende los requerimientos técnicos que pueden suponer y requerir las innovaciones posteriores. La innovación puede imponer algunos requerimientos que el sistema no satisfaga plenamente y proveer así oportunidades e incentivos para nuevas innovaciones.[9] A su vez, estas innovaciones pueden suponer cierto tipo de paquete tecnológico, cambiarlo e imponer demandas nuevas para su uso eficaz. Por ejemplo, el cambio de las técnicas de contabilidad puede involucrar el uso de la computadora: una vez introducido a cierta escala, esto provee un incentivo para el mejoramiento de las técnicas de computadoras, lo que a su vez puede conducir a otros cambios de los métodos administrativos, incluido el control de pagos e inventarios por computadora. Al mismo tiempo, las innovaciones imponen requerimientos de cambios en los niveles de adiestramiento; una vez adquirido, el nuevo adiestramiento permite que otros innovadores den por sentado un tipo particular de fuerza de trabajo adiestrada y diseñen técnicas nuevas dentro de este marco.

En seguida ilustramos algunos aspectos de los ciclos del desarrollo tecnológico.

En el diagrama superior, (*a*), se distinguen tres ciclos interconectados. Primero, a la izquierda, el de los aumentos de los ingresos *per capita* que provee un incentivo para los desarrollos tecnológicos conducentes al aumento de la productividad, lo que permite nuevos aumentos de los ingresos. Segundo, a la derecha, el aumento de los ingresos provee un incentivo para los desarrollos tecnológicos que involucran productos nuevos y mejorados, los que constituyen a su vez un aspec-

[8]Un estudio descubrió que para el 90% de las firmas y manufactureras el *objetivo* principal de sus programas de investigación era el desarrollo de productos nuevos o el mejoramiento de los antiguos (véase Gustafson [1962]). Otros estudios han revelado que las tres cuartas partes de los resultados de la investigación, o más, involucraban cambios sustanciales de los productos (véanse Wagner [1968] y Bloom [1951]). Aun cuando los cambios de productos no sean el objetivo principal, tales cambios pueden derivar de los cambios de las técnicas.

[9]Gran parte del incentivo del cambio técnico se ha atribuido a los desequilibrios —técnicos y económicos— derivados de un cambio técnico que conduce a una nueva situación de oferta y demanda de otros insumos, y por lo tanto a una nueva innovación. Rosenberg (1963 [*b*] y 1969) ha desarrollado ampliamente esta idea, apoyado en materiales empíricos.



GRÁFICA I.2. Desarrollos tecnológicos en un sistema cerrado (dinámico). *Las flechas indican la relación de la causalidad*

to esencial de los nuevos aumentos de ingresos. Tercero, en el centro, el aumento de los ingresos (con una propensión al ahorro constante) conduce al aumento del ahorro por hombre y en consecuencia a un aumento de la acumulación de capital por hombre, lo que permite los desarrollos tecnológicos de ambos tipos, de las técnicas y de los productos, e influye sobre ellos. El ciclo (*b*) ilustra el ciclo del desarrollo tecnológico en términos de los requerimientos técnicos, donde la tecnología en uso provee el marco de las técnicas en uso, que una innovación puede dar por sentado, e impone demandas de cambios que una innovación puede satisfacer. A su vez, las innovaciones hechas dentro de este marco cambian el paquete tecnológico, o sea el marco en el que se hacen las innovaciones posteriores. Estas innovaciones toman más o menos como dado el marco de la organización, pero pueden reforzar las formas de organización existentes o entrar en conflicto con ellas y contribuir así al cambio de tales formas de organización. El refuerzo o el conflicto puede determinarse en parte por factores tecnológicos y en parte por los agentes de la innovación; por ejemplo, las innovaciones introducidas por las comunas en China tenderán a ser adecuadas para funcionar a nivel comunal, mientras que las innovaciones hechas por una unidad de organización a gran escala tenderán a ser compatibles con la operación a gran escala. Pero los factores técnicos *pueden* dictar la forma que asumirán las innovaciones; por ejemplo, se descubrió que la fabricación de hierro y acero a pequeña escala resultaba técnicamente ineficiente, lo que eliminó tal fabricación a este nivel (aunque mucho depende de la forma en que se defina la "eficiencia" y del monto de los recursos que se destinen al

desarrollo de las técnicas a niveles diferentes). Los tres ciclos ocurren al mismo tiempo y son formas distintas de descripción del mismo proceso de innovación, de modo que no pueden separarse. Resulta virtualmente imposible distinguir entre los cambios de productos y procesos, ya que el producto de un hombre es el proceso de otro hombre; la mayoría de los cambios del proceso cambian simultáneamente el producto final, mientras que la mayoría de los cambios de producto requieren para su realización algunos cambios en el proceso. Cada innovación técnica debe encajar en cada uno de los ciclos: el ciclo económico de los pagos a los factores, los niveles de ingreso y ahorro, el ciclo técnico y el ciclo de la organización.

La tecnología ahora disponible es el resultado del proceso histórico de evolución de la tecnología. El total de las técnicas desarrolladas abarca todo el proceso histórico. En consecuencia, dicho total puede considerarse integrado por una sucesión de técnicas desarrolladas en épocas diferentes, digamos $T1800$, $T1801$, $T \ldots T1978$, donde T representa las técnicas desarrolladas en el año descrito por los subíndices de tiempo. Las características de la técnica dependen, como hemos mencionado, de las circunstancias históricas existentes en el lugar de la introducción: las técnicas deben encajar en la etapa particular de los ciclos dinámicos alcanzados por la economía. En virtud de que la mayor parte del desarrollo tecnológico, desde la revolución industrial, ha ocurrido en los países desarrollados, podemos principiar por suponer que $T1800 \ldots$, se refiere a las técnicas desarrolladas en los países desarrollados y para ellos. Con este supuesto, la tecnología mundial de la actualidad depende de las características de las técnicas desarrolladas en los países avanzados, lo que a su vez depende de las circunstancias históricas y económicas de las economías avanzadas durante este periodo, las que condicionaron sus ciclos dinámicos. En términos generales, el período se ha caracterizado por cambios sistemáticos; tales cambios incluyen el aumento de los ingresos, el aumento de la productividad de la mano de obra, el aumento de la educación de la fuerza de trabajo, el aumento de la extensión y el refinamiento de los productos destinados a los ingresos más elevados, el aumento de la especialización, el aumento de la inversión por empleado, un sistema fabril de producción que en otra forma creciente ha recurrido al total de la sociedad, junto con las relaciones de trabajo entre empleadores y empleados, etc. En el capítulo III examinaremos tales desarrollos en mayor detalle y con cierto apoyo empírico.

En la medida en que los países puedan escoger entre las técnicas de épocas diferentes, también podrán escoger entre un conjunto diferente de características asociadas a las técnicas de épocas diferentes. Sin embargo, muchas de las primeras técnicas se vuelven obsoletas a través del tiempo; esto no resulta sorprendente, dado que las técnicas nuevas se *di-*

señan a menudo en sustitución de las técnicas anteriores y no para complementarlas. El factor de la obsolescencia reduce la elección a un conjunto mucho menor que el total de *T*1800 . . . La magnitud de la reducción depende de la fuente de la obsolescencia y de la capacidad de los países para reproducir técnicas ya obsoletas en los países avanzados.

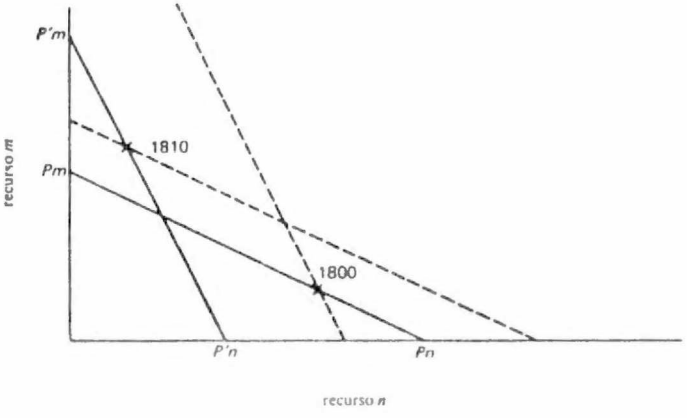
La obsolescencia

La obsolescencia ocurre con los desarrollos económicos y el cambio técnico y es el producto de la interacción entre ambos. Hay muchas fuentes de la obsolescencia; en términos generales, la importancia de la fuente de la obsolescencia varía de acuerdo con la naturaleza de la economía. Algunas fuentes de la obsolescencia tienden a volver obsoleta la técnica en cualquier sociedad, mientras que otras sólo actúan en la medida en que estén ocurriendo otros cambios, y pueden ser aplicables a los países avanzados y no a los países subdesarrollados. Al clasificar las fuentes de la obsolescencia, debe recordarse que si bien varía la fuente de la obsolescencia, los cambios técnicos particulares pueden incorporar o reflejar, en todo o en parte, *todas* las fuentes, en cuyo caso no pueden aceptarse algunas fuentes y rechazarse otras. Sin embargo, conviene empezar por tratar de separar las fuentes de la obsolescencia. Así pues, para fines analíticos, empezamos por distinguir entre la obsolescencia de los métodos de producción de un bien dado y la obsolescencia de los productos. En cada caso, debe distinguirse entre la obsolescencia asociada a los cambios de la estructura económica, la obsolescencia que no ocurriría sin tales cambios, y la obsolescencia asociada a los aumentos de la eficiencia que vuelven obsoletas las técnicas anteriores independientemente de los cambios económicos.

Además, hay una obsolescencia independiente de los cambios económicos y de los cambios de la eficiencia de las técnicas sustitutas, como ocurre cuando cambia la tecnología en uso en el resto del sistema.

a) *La obsolescencia de los métodos de producción de bienes dados.* Los cambios de la estructura económica afectan la clase de técnica que conviene desarrollar e introducir, y luego pueden provocar la obsolescencia de las técnicas anteriores. Un ejemplo que tiende a recibir mucha atención es el de los cambios de los precios relativos. Por ejemplo, supongamos que, como se muestra en el diagrama siguiente, hay dos recursos en uso, *m y n,* para producir un bien dado. Supongamos que el método de producción inicial es el indicado en el diagrama con el número 1800, y que el precio inicial de los recursos es *PmPn.* Supongamos ahora que el precio de los recursos cambia a *P'mP'n.* La técnica 1800 seguirá siendo rentable mientras sea la única existente,

por los precios nuevos, combinados con desarrollos generales del conocimiento, pueden conducir al desarrollo de una técnica nueva, la 1810. A los precios antiguos, la técnica 1810 habría sido incosteable por comparación con la técnica antigua; a los precios nuevos, la técnica 1800 se vuelve obsoleta. Así pues, los cambios técnicos combinados con los cambios económicos (en este caso el precio relativo del recurso *m* y del recurso *n*) provocan la obsolescencia.

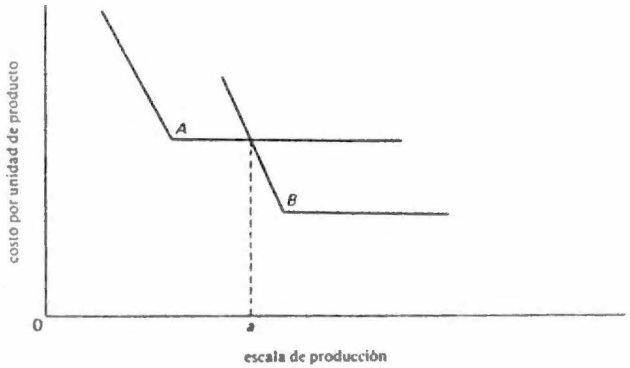


GRÁFICA I. 3

Este tipo de cambio es *reversible* en el sentido de que si los precios regresaran a sus niveles originales convendría volver a la técnica original. De igual modo, los países con precios diferentes podrían encontrar conveniente el regreso a la técnica 1800. La exposición se ha hecho deliberadamente en términos generales, del recurso *m* y el recurso *n*, aunque más a menudo se interpreta como un problema de los recursos de inversión y de los recursos de mano de obra, donde las técnicas nuevas tienden a usar más recursos de inversión en relación con la mano de obra, mientras que el aumento de la disponibilidad de recursos de inversión y la reducción de su precio (en relación con el de la mano de obra) proveen los cambios económicos asociados. Los cambios del precio y la disponibilidad de diversos tipos de mano de obra calificada, de diversos materiales (por ejemplo, de la madera,[10] el carbón, el petróleo), se han asociado a este tipo de obsolescencia. La disponibilidad puede ser tan importante como el precio, y algunos la consideran

[10]Algunos autores (por ejemplo, Wilkinson [1973]) han atribuido gran parte de la revolución industrial al aumento del precio de la madera.

más importante aún. Si se agota por completo el recurso *m*, o si sólo está disponible en cantidades muy limitadas, ello puede provocar la obsolescencia de cualquier técnica que lo utilice en gran proporción.



GRÁFICA I.4

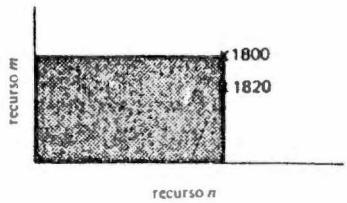
Otro tipo de cambio de la estructura económica asociado a la obsolescencia es el de los cambios ocurridos en la escala de producción. Las técnicas pueden ser competitivas a una escala[11] y obsoletas a otra escala. Supongamos que hay dos técnicas, *A* y *B*, ilustradas en la gráfica I.4, donde la técnica *B* ha sido diseñada para una escala mayor que la de la técnica *A*. Supongamos que los costos por unidad de producto son constantes a la escala para la cual ha sido diseñada la técnica y por encima de ella, pero por debajo de esa escala aumentan rápidamente al disminuir la utilización de la capacidad. Entonces, a una escala de producción mayor que 0*a*, la técnica *B* es más eficiente y la técnica *A* se vuelve obsoleta; a una escala menor que 0*a*, la técnica *A* es más eficiente.

Un aumento del tamaño del mercado en conjunto es un aspecto intrínseco del crecimiento económico.[12] A través de la historia, en los países avanzados ha crecido más de prisa el tamaño típico de la planta que el mercado en conjunto.[13] En consecuencia, los desarrollos tecnológicos han asumido la forma de un aumento de la escala, es decir, de un movimiento de *A* a *B* en el diagrama. La obsolescencia asociada al aumento de la escala puede ser reversible, es decir, la técnica *A* puede ser otra vez la más rentable para mercados más pequeños. Pero aunque son reversibles en este sentido, no lo son en la misma forma que

[11] Véase la sección empírica de este libro.
[12] Veánse Adam Smith (1776) y Allyn Young (1928).
[13] Véanse, por ejemplo, los datos de Sands (1961), Armstrong y Silberston (1965), y Sawyer (1971).

los cambios de los precios relativos de los factores, porque la técnica *B*, una vez desarrollada, ofrece costos unitarios menores que la técnica *A*, y por lo tanto presenta un incentivo para la expansión del mercado a fin de aprovechar las economías.

El cambio técnico puede generar técnicas nuevas, más eficientes que las antiguas, *independientemente* de la estructura económica. La gráfica I.5 muestra una técnica desarrollada en 1920 que emplea menor cantidad del recurso *m*, y una cantidad no mayor que el recurso *n*, en relación con la técnica antigua. En consecuencia, la técnica antigua se vuelve obsoleta, cualquiera que sea el precio relativo de los recursos *m* y *n*. La técnica de 1800 se define ahora como técnicamente ineficiente por comparación con la técnica de 1820.[14]



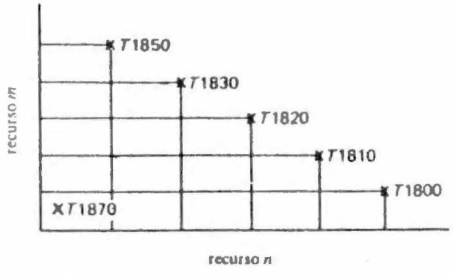
GRÁFICA I. 5

El área sombreada en el diagrama indica el área en que los nuevos desarrollos técnicos volverían técnicamente ineficiente la técnica de 1800.

Los adelantos técnicos pueden ocurrir en saltos, de modo que durante cierto periodo se vuelven obsoletas las técnicas a través del cambio de los pagos a los factores, como antes vimos, y luego se realiza algún gran adelanto que vuelve técnicamente ineficientes todos los adelantos anteriores. La gráfica I.6, donde *T*1800, *T*1810, *T*1820 a *T*1850 representan cambios del uso de los factores, ilustra el caso en que las técnicas anteriores se vuelven económicamente ineficientes debido al cambio de los precios de los factores, pero siguen siendo técnicas posiblemente efi-

[14]De acuerdo con esta definición, una técnica es técnicamente ineficiente por comparación con otra técnica si utiliza más de un insumo sin emplear menos de otro insumo para generar el mismo producto. La definición debe distinguirse de las definiciones de la eficiencia técnica empleadas por los ingenieros y los físicos, quienes se interesan por las propiedades físicas de la tecnología, por ejemplo las tasas de extracción, la pérdida de potencia. Debe distinguirse también nuestra definición de la *eficiencia económica*, que se relaciona con el costo de producción. Algunos métodos técnicamente ineficientes en términos de ingeniería pueden ser técnicamente eficientes, de acuerdo con nuestra definición, debido a que la menor tasa de producción se vea contrarrestada con creces por la reducción de los insumos. Los métodos económicamente eficientes deben ser también técnicamente eficientes, de acuerdo con nuestra definición, mientras los precios de los factores sean positivos.

cientes para países con distintos precios de los factores. Luego se logra un nuevo avance, $T1870$, que implica tal ahorro en el uso de recursos que todas las técnicas anteriores se vuelven técnicamente ineficientes.



GRÁFICA I.6

La obsolescencia debida a los cambios que vuelven inferiores en esta forma las técnicas anteriores no es reversible, y se aplica a cualquier economía, desarrollada o subdesarrollada, que considere escasos ambos recursos y quiera maximizar su producción en relación con los recursos escasos. Así pues, la naturaleza de la elección tecnológica al alcance de los países subdesarollados se ve grandemente influida por la medida en que la obsolescencia haya sido de este tipo, por oposición al tipo reversible antes descrito, que responde a las diferencias de la estructura económica.

Sin embargo, resulta difícil la aplicación de este modelo a los desarrollos técnicos reales a causa de los problemas involucrados en la medición de los recursos. La aplicación obvia ocurre en términos de los requerimientos de inversión y de mano de obra. Parece ser que muchas técnicas más recientes ahorran tanto la mano de obra como la inversión en relación con el producto, de modo que parecerían ser cambios del tipo descrito (donde las técnicas más recientes vuelven a las anteriores técnicamente ineficientes o inferiores). Pero que esto sea cierto (y el grado en que lo sea) dependen de la forma en que se mida la inversión: en virtud de que los recursos de inversión no son homogéneos, su medición requiere algún sistema de ponderación.[15] De igual modo, aunque quizá esto no sea tan importante, la mano de obra no

[15]En el capítulo VIII nos ocuparemos de la espinosa cuestión de la medición de la inversión y de la intensidad de la inversión, así como de la relación existente entre esta cuestión y la de la medición del capital. En la mayor parte de la discusión anterior suponemos que se puede lograr cierta medición de la inversión.

es homogénea, y mientras declina el número total de trabajadores aumenta el contenido de habilidades. Por lo tanto, el elemento de ahorro de mano de obra depende también del conjunto particular de ponderaciones que se emplee para "sumar" la mano de obra de tipos distintos. Una vez que la medición se vuelve dependiente de la ponderación adoptada, el hecho de que una técnica particular sea obsoleta dependerá de la estructura económica. Por esta razón, resulta muy difícil la clasificación de los desarrollos técnicos efectivos en los que dependen y los que no dependen de la estructura económica. Además, puede resultar conveniente la selección de técnicas ineficientes en sí mismas, en vista de sus consecuencias distributivas, si tales consecuencias no pueden obtenerse en ninguna otra forma. Así pues, algunas técnicas aparentemente ineficientes pueden escapar a la obsolescencia.

A pesar de estas precisiones muy importantes que deben tenerse en mente, conviene conservar el concepto de la obsolescencia debida a la ineficiencia técnica porque ilumina la elección disponible para los países subdesarrollados. Sólo en circunstancias especiales convendría seleccionar técnicas ineficientes en sentido técnico, es decir, técnicas que utilicen mayor cantidad de *todos* los recursos en relación con el producto. Una cuestión importante para toda investigación empírica es el grado en que las técnicas antiguas se hayan vuelto técnicamente ineficientes, según nuestra definición.

b) *La obsolescencia del producto.* Ésta es una de las fuentes más importantes de la obsolescencia de las técnicas: la técnica se vuelve obsoleta porque decrece la demanda del producto de un diseño y una calidad particulares. Los productos pueden dividirse en bienes de consumo y bienes intermedios (incluidas las partes de las máquinas, etc.), aunque desde luego algunos productos pueden ser a la vez bienes finales e intermedios. Las fuentes de la obsolescencia del producto difieren en ambos casos. En lo referente a los bienes intermedios, los cambios de la demanda se deben a cambios de la tecnología en uso en el resto del sistema. Si una técnica particular se vuelve obsoleta, por alguna de las razones antes mencionadas, desaparece la demanda de los productos —las máquinas usadas, los insumos de materiales, etcétera— utilizados en su ejecución, y en su lugar aparece la demanda de los productos involucrados en la técnica reemplazante. Los cambios de la demanda de bienes de consumo final dependen de la forma en que cambien los gustos de los consumidores, lo que a su vez depende de los niveles y la distribución del ingreso, de la promoción de los productos y de los adelantos técnicos. Los cambios de los niveles de ingresos como antes vimos. Los productos se vuelven obsoletos a través del tiempo porque cambian los ingresos y los individuos pasan a bienes de mayor calidad a medida que se enriquecen. La "soberanía de los pro-

ductores"[16] influye también sobre la naturaleza de la demanda de consumo: la gran promoción de los productos nuevos vuelve obsoletos los productos ya existentes.[17] Por último, los avances científicos y técnicos pueden volver más eficientes ciertos productos, así como vuelven más eficientes ciertos procesos. Los productos pueden considerarse (normalmente) como conjuntos indivisibles de características que satisfacen diversas necesidades.[18] Por ejemplo, el techado de una vivienda satisface la necesidad de protección contra la lluvia, contra el frío y el calor, y quizá contribuya también a las necesidades estéticas y de posición social. Un producto particular puede satisfacer bien o mal las necesidades, en forma completa o incompleta, y puede combinarse con otras consecuencias deseadas o no deseadas; por ejemplo, una máquina de escribir puede funcionar eficientemente por lo que toca a imprimir las palabras en el papel, pero puede producir una impresión fea y ser ruidosa; otra máquina de escribir puede ser silenciosa, pero con una impresión apenas legible, o muy dura en su operación, etcétera. Si los productos nuevos se describen como más eficientes que los antiguos, esto significa que satisfacen mejor (en forma completa y eficiente) las necesidades para las que se demandan y(o) tienen menores efectos secundarios indeseables sin un uso mayor de los recursos. Hemos afirmado que una satisfacción más eficiente de las necesidades, y la satisfacción de una mayor diversidad de necesidades, es un aspecto importante del cambio de los productos al aumentar los ingresos, y una razón importante de que los productos se vuelvan obsoletos al aumentar los ingresos. La sustitución de la ruidosa máquina de escribir manual por la rápida y silenciosa máquina de escribir eléctrica constituye un ejemplo de esto. En teoría, podemos distinguir entre estos cambios de los productos que implican una satisfacción de necesidades adicionales sin un costo mayor de recursos (y [o] cierto ahorro de recursos) y los cambios que aumentan la satisfacción de necesidades *y* el costo de recursos. Podemos definir los primeros como los cambios que conducen a una mayor eficiencia de los productos, de modo que los productos anteriores se vuelven obsoletos porque se vuelven ineficientes por comparación con los productos nuevos, y los últimos como los productos de ingresos altos. Por ejemplo, un transistor nuevo que sea por lo menos tan barato como la versión antigua y además más ligero y capaz de una mejor recepción, se describe como un producto más eficiente; en cambio, un sistema estéreo que también logra una satisfacción mayor de necesidades, pero involucra un costo

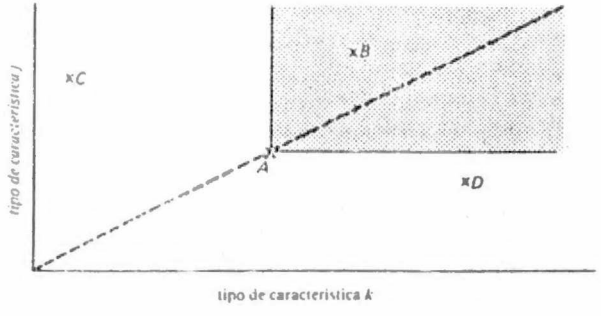
[16]Véase la descripción que hace Galbraith (1967) de la forma en que esto opera en los países avanzados.

[17]Sercovich (1974) describe este proceso en Argentina.

[18]Este es el enfoque de los productos y la demanda de los consumidores adoptado por Lancaster (1966).

mayor de recursos, es un producto de ingresos altos. Esta distinción teórica resulta difícil de aplicar en la práctica a causa de la ambigüedad existente acerca del significado y la medición del *costo de los recursos* y la *satisfacción de necesidades*. En virtud de que cada producto satisface normalmente más de una necesidad, un cambio de los productos puede significar que algunas necesidades se satisfacen mejor, otras peor, por comparación con la situación anterior, y los efectos netos del cambio son en gran medida una cuestión de opinión. Resulta imposible entonces afirmar sin ambigüedad que el producto nuevo tenga más o menos capacidad de satisfacción de necesidades que el antiguo. De igual modo, el producto nuevo puede usar más de un recurso, menos de otro, y el hecho de que cambie o no el uso global de recursos, y la forma del cambio, dependerán del sistema de ponderación que se adopte. Sin embargo, como ocurre con la definición de la eficiencia técnica de las técnicas, la distinción es útil porque ilumina los efectos del cambio técnico sobre la elección tecnológica al alcance de los países subdesarrollados.

La obsolescencia del producto debida a la mayor eficiencia de los productos ocurre independientemente de los niveles de ingreso, de modo que se aplica tanto a los países subdesarrollados como a los avanzados, mientras que la obsolescencia del producto asociada a los ingresos más elevados puede no aplicarse a las sociedades de ingresos más bajos. Supongamos, de acuerdo con la presentación de Lancaster, que postulamos dos características poseídas por los productos j y k que aparecen en los ejes de la gráfica I.7. Todo producto particular representa entonces una combinación única de las dos características, denotada por un punto del diagrama, digamos el punto A. El aumento de las cantidades del producto implica el aumento de las cantidades de las dos características, en la misma razón en A, como se indica por el rayo que parte del origen y pasa por A.



GRÁFICA I. 7

El cambio técnico de los productos consiste en el cambio de las características de los productos de tal modo que *i*) para cualquier costo de recursos dado aumenta la cantidad total de satisfacción de necesidades;[19] *ii*) cambia el tipo de satisfacción de las necesidades, de acuerdo con los cambios de las circunstancias culturales y económicas. El primer tipo de cambio significa que los mismos recursos producen más de ambos tipos de característica (o más de uno de ellos y no menos del otro) y puede representarse por el cuadrante situado al nordeste de *A*. El segundo tipo implica un cambio del balance de las características, de modo que los productos nuevos incorporan más de una característica y menos de la otra, como ocurre en un movimiento de *A* a *C* o *D*.

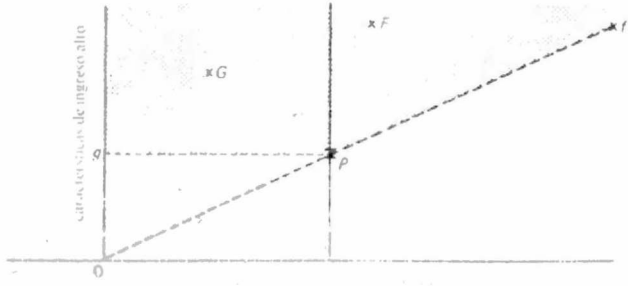
El primer tipo vuelve ineficiente o inferior el producto *A*, en una forma muy similar a aquella en que las técnicas pueden volverse inferiores por efecto del cambio técnico. Tal cambio, como en el caso de las técnicas, se aplica a todas las sociedades, independientemente de su situación económica, porque la adopción del producto *A* una vez desarrollado *B* implicaría un mayor costo de recursos para la misma satisfacción de necesidades. El segundo tipo de cambio extiende el conjunto de los productos, pero no vuelve inferior al producto *A*. En principio, el producto *C* o el producto *D* podrían coexistir con *A*. Pero si los productos son divisibles y pueden comprarse en cualesquier cantidades, y tanto *C* como *D* se encuentran disponibles, una combinación de *C* y *D* lograría una mayor satisfacción de necesidades que *A* con el mismo costo de recursos, de modo que *A* se volvería obsoleto. Además, las economías de escala (no consideradas en el diagrama) pueden significar que el producto *A* se vuelva muy costoso en cuanto la demanda se traslada a *C* y *D*, de modo que *A* deja de producirse.[20]

Hay un tercer tipo de cambio, no considerado en el diagrama. El diagrama examina la extensión de la satisfacción de necesidades con un *costo de recursos dado*. Pero los productos son indivisibles, y cada producto representa no sólo una combinación única de características sino también una cantidad absoluta única, y una cantidad absoluta correspondiente única de los recursos requeridos para su producción. El cambio técnico puede cambiar la cantidad absoluta mínima de las características representadas por cada producto, cambiando al mismo tiempo el costo absoluto de los recursos representados por cada producto.

[19]El cambio técnico ocurrido en los métodos de producción genera también este resultado, pero lo hace a través de cambios en el método de producción, no a través de cambios en la naturaleza del producto. Esta es una distinción teórica. En la práctica, como veremos más adelante, el cambio técnico ocurre al mismo tiempo en los productos y en los métodos de producción.

[20]Véase Lancaster (1975).

En la práctica, los cambios técnicos de los productos incorporan a menudo los tres tipos de cambio al mismo tiempo; es decir, los productos nuevos ofrecen una mayor satisfacción de necesidades en relación con el costo de recursos, cambian el balance de las características e incorporan mayores cantidades de recursos. El último cambio se asemeja al aumento de la indivisibilidad al ampliarse las economías de escala de las técnicas. El cambio técnico de los productos ocurre en los países desarrollados al mismo tiempo que la elevación de los ingresos (y es en parte responsable de tal elevación), de modo que el balance de las características ofrecido por los productos nuevos corresponde al cambio de las demandas de los consumidores a medida que se elevan sus ingresos. El aumento de los ingresos cambia la demanda hacia productos diferentes, con características de mayor refinamiento, de ahorro de mano de obra, de mayor calidad, etc. Para resumir este complejo de cambios podemos decir que los productos nuevos tienen más características de los ingresos altos. Si interpretamos las dos características, *j* y *k*, como "ingreso alto" e "ingreso bajo" —véase Helleiner (1975)—, veremos que los cambios de productos ocurridos en los países desarrollados implican un balance creciente de características de ingreso alto. Si *P* es el producto inicial, los cambios con un costo de recursos dado se encuentran en el área sombreada de la gráfica I.8 (porque todo movimiento hacia abajo de la línea *Pg* implicaría una reducción de la satisfacción de necesidades en relación con el costo de recursos, y todo movimiento hacia abajo de *Of* implicaría un balance creciente de las características de ingreso bajo). Los cambios hacia el este de la línea vertical a partir de *P*, a *F* por ejemplo, vuelven inferior el producto *P*. Los cambios hacia el noroeste, a *G*, por ejemplo, dejan a *P* como una posibilidad eficiente que incorpora más características de ingreso bajo, pero la producción de *P* puede volverse inferior a causa de las economías de escala. El tercer aspecto antes mencionado, la indivisibilidad creciente de los produc-



GRÁFICA I.8

tos, de modo que cada producto tiende a representar[21] una cantidad mínima creciente de satisfacción de necesidades y de recursos, puede considerarse en sí misma como una característica de ingreso alto, de modo que puede representarse por el cambio del balance de las características.

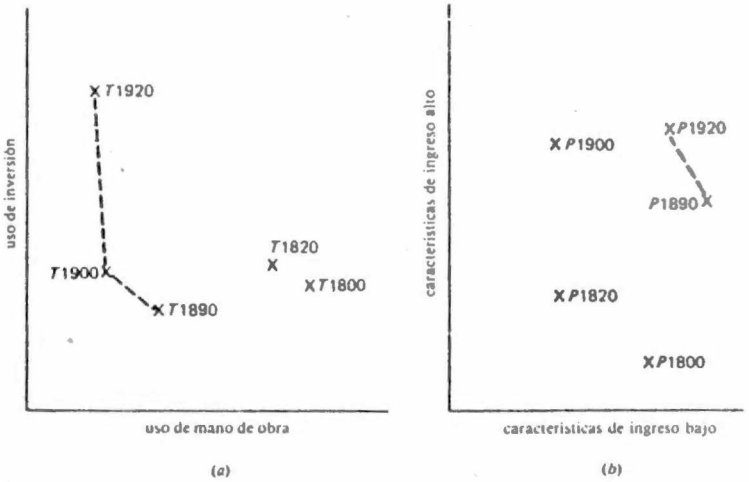
En lo referente a los países subdesarrollados, los productos provenientes de los países desarrollados tienden a convertirse cada vez más en productos de ingreso alto y, por lo tanto, inadecuados para ellos a través del tiempo. Los cambios de producto favorables a los países subdesarrollados serían los que impliquen un mayor balance de características de ingresos bajos, es decir, los que se encuentran por *debajo* de la línea *OPf*.

Hay un fuerte paralelismo aquí entre la discusión del cambio técnico y la obsolescencia de los métodos de producción de un bien dado y la discusión del desarrollo de un producto. En ambos casos hay un tipo de cambio que depende de los hechos económicos particulares (los precios relativos y los niveles de ingreso) de la sociedad en cuestión; estos cambios son reversibles. Pero hay otros cambios que vuelven obsoletas las técnicas anteriores independientemente de los hechos económicos y estos cambios no son reversibles sin un aumento del costo de producción en términos de recursos.

Al parecer, el conjunto de técnicas eficientes que deben incluirse en la elección tecnológica de los países subdesarrollados debiera *excluir* las técnicas antiguas que se hayan vuelto técnicamente ineficientes, e *incluir* las técnicas que se hayan vuelto obsoletas a causa de los cambios ocurridos en la estructura económica de los países desarrollados y que no se hayan presentado en forma similar en los países subdesarrollados. En la práctica, sin embargo, estos tipos diferentes del cambio no ocurren en técnicas diferentes de tal modo que pudieran separarse con claridad; en su mayor parte, el cambio técnico de todos los tipos ocurre en forma simultánea. Es decir, que del lado del uso de los factores, los cambios han involucrado aumentos de la eficiencia y han modificado el uso relativo de los factores, mientras que, del lado de los productos, los mismos desarrollos de productos se han asociado con mayores niveles de ingreso y menores costos de recursos de la satisfacción de necesidades. Esto se ilustra en la gráfica I.9.

En el diagrama (*a*) aparecen los métodos de producción del "mismo" bien: la técnica de 1800 se sustituye inicialmente por una técnica que utiliza más inversión y menos mano de obra, pero luego aparece un avance técnico tal que *T*1890 utiliza menos mano de obra e inversión

[21]Esta representación simplificada describe la comparación de los productos nuevos, una vez establecidos, con los productos antiguos. No describe las diversas etapas de desarrollo de un producto particular (como lo hace, por ejemplo, Vernon [1966]).



GRÁFICA I. 9

que *T*1820 y *T*1800, pero más inversión por hombre que las técnicas anteriores, lo que refleja el cambio de los precios de los factores. Así pues, para beneficiarse de los adelantos técnicos, un país debiera escoger *T*1890, pero al actuar así tendrá que aceptar también la mayor razón de inversión/mano de obra resultante de los cambios ocurridos en la disponibilidad de los factores. También ocurren algunos cambios del lado de los productos (diagrama (*b*)): vamos a suponer que cada uno de los productos mostrados representa la combinación de características incorporadas en los bienes producidos por las diversas técnicas, de modo que *P*1800 es el producto generado por *T*1800 y así sucesivamente. Para separar la eficiencia y la obsolescencia del producto de la eficiencia y la obsolescencia de la técnica, debemos suponer que cada una de las *P* de esta parte del diagrama se produce con el mismo costo de recursos; éste es un supuesto incorrecto que abandonaremos de inmediato. *P*1820 implica más características de ingreso alto y menos características de ingreso bajo. Podría elegirse entre los dos productos de tal modo que los países y los consumidores de ingresos bajos seleccionen *P*1800. Pero *P*1890 es más eficiente en todo caso que cualquiera de los otros productos (porque incorpora más de *ambas* características), y en consecuencia los otros dos productos se vuelven obsoletos. *P*1920 vuelve ineficiente a *P*1900, pero no a *P*1890. Por lo tanto, de las dos partes del diagrama se sigue que la verdadera elección tecnológica —suponiendo el rechazo de las técnicas y de los productos ineficientes— se hará entre *T*1920, *T*1900 y *T*1890, y entre

*P*1920 y *P*1890, como se indica por las líneas de guiones. Pero la dicotomía establecida entre los métodos de producción y los productos de una dicotomía falsa: cada técnica produce un bien particular; cada *T* corresponde a un *P* particular. Si la técnica se vuelve ineficiente, lo mismo ocurrirá con el producto asociado, y la obsolescencia del producto puede provocar la obsolescencia del método de producción. Entonces, dado que *P*1900 se volvió obsoleto por su ineficiencia, lo mismo ocurrirá con la técnica correspondiente, *T*1900. Sólo subsisten las técnicas eficientes asociadas a los productos eficientes, es decir, *T*(*P*)1890 y 1920.

La tecnología en uso forma un paquete donde cada técnica debe encuadrar en el conjunto; las técnicas pueden volverse obsoletas porque ya no encuadren en este paquete. Los insumos que requieren, ya sea en calidad o en cantidad, pueden no estar ya disponibles; o su producto puede no requerirse ya por el efecto del cambio técnico ocurrido en otra parte. Por ejemplo, el uso de estiércol de caballo como fertilizante puede volverse obsoleto a causa de la escasez de caballos y por lo tanto de estiércol; la producción artesanal puede volverse obsoleta a medida que desaparecen las habilidades artesanales, etc. Del lado de la producción, los cambios ocurridos en otra parte del sistema generan cambios en la demanda de insumos, y el producto puede volverse obsoleto a causa de estos cambios. Ya hemos señalado esto brevemente en relación con los productos intermedios, y en mayor detalle en el caso de los cambios ocurridos en los niveles generales del ingreso. Las complementariedades existentes entre los productos, como insumos y en el consumo[22] (huevos y tocino, caballos y carretas, automóviles y gasolina, automóviles y carreteras, albercas y trajes de baño), significan que los cambios ocurridos en un conjunto de productos alteran el mercado de otros productos. La naturaleza de los bienes de consumo responde también a los cambios de los precios de los factores, de modo que los instrumentos ahorradores de mano de obra se diseñan en parte para ahorrar la mano de obra *contratada,*[23] al mismo tiempo que representan un aumento del ingreso del consumidor, al ahorrarle mano de obra. Los cambios administrativos y gerenciales pueden provocar también la obsolescencia: ¿sobrevivirá el ábaco a los métodos de ventas al menudeo a gran escala? Así podríamos citar un número interminable de ejemplos.

Gran parte de la obsolescencia debida a los cambios de la tecnología en uso puede clasificarse, y ya se ha examinado, en términos de la cla-

[22]Véase el examen que hace Streeten de las complementariedades existentes entre los bienes de consumo.

[23]Como se indica en la aseveración de que "los mejores instrumentos ahorradores de mano de obra son los sirvientes".

sificación anterior de los cambios ocurridos en el uso de los recursos y en la demanda del producto. De igual modo, todos estos cambios podrían interpretarse en cierto sentido como cambios de la tecnología en uso. Sin embargo, conviene tener una categoría separada para señalar la importancia de la obsolescencia debida al cambio de los requerimientos técnicos y de los insumos técnicos por oposición a los cambios económicos: no los cambios de la disponibilidad de mano de obra en conjunto ni de la demanda de bienes de lujo en conjunto, sino los cambios de la disponibilidad de acero de una calidad particular a un precio particular, o los cambios de la demanda de una especificación particular de los gises, derivados de la tecnología en uso en otra parte del sistema, cuyos cambios vuelven a menudo obsoleta una técnica particular.

Lo importante es que la tecnología es un paquete, y la eficiencia o ineficiencia de una técnica particular no depende sólo de su propia actuación y la de sus sustitutos inmediatos, sino también de la tecnología circundante. Esto significa que una técnica puede sobrevivir como eficiente (como ocurrió con *T*1890 y *T*1920) y ser sin embargo obsoleta en el contexto del resto de la tecnología en uso; a menudo puede resultar imposible la selectividad a causa de las conexiones existentes por todo el sistema.

Resumiendo: La tecnología mundial consiste en el total de las técnicas que se han desarrollado a través de la historia. Pero dentro de este total, muchas técnicas se han vuelto ineficientes a causa de los adelantos científicos logrados en los procesos y en los productos. Las técnicas eficientes restantes pueden volverse obsoletas también porque formen parte de un paquete tecnológico que ya se quedó atrás. Tales técnicas serían eficientes si reviviera todo el paquete, pero esto implicaría la resurrección de técnicas técnicamente ineficientes, al lado de las eficientes. El concepto del paquete descarta así la idea de la evaluación individual de las técnicas, para calificarlas de eficientes o ineficientes. Las técnicas que sobreviven reflejan en gran medida las condiciones económicas existentes en el momento en que se desarrollaron. En virtud de los avances técnicos y científicos ocurridos a través del tiempo, y en virtud de los aspectos de paquete, entre más recientemente se hayan desarrollado las técnicas es más probable que representen una opción eficiente.

Nos hemos ocupado sobre todo de la tecnología desarrollada en los países avanzados. Además, la tecnología tradicional que ya se encuentra en uso en los países subdesarrollados se suma a la elección tecnológica. En términos generales, esta tecnología hace poco uso de los adelantos científicos y tecnológicos, de modo que a menudo es ineficiente por comparación con las opciones avanzadas. Desarrollada durante largo tiempo en los países subdesarrollados, esta tecnología ten-

derá a adecuarse a la disponibilidad de los factores y a los niveles de ingresos existentes en los países de su desarrollo.

La verdadera elección tecnológica consiste en el subconjunto de técnicas mundiales eficientes conocidas por quienes hacen la elección y que se encuentren disponibles. Por lo tanto, los canales de comunicación ayudan a determinar la elección; en términos generales, tales canales son más eficaces entre más recientemente se haya desarrollado (dentro de ciertos límites) la técnica y entre más se use en la producción. Por esa razón, es posible que las técnicas obsoletas en los países desarrollados se pierdan en el tiempo y no constituyan una verdadera elección. El alcance y la eficacia de la comunicación dependen de quién la realice y por cuáles razones: los productores de maquinaria darán publicidad a sus propios productos, mientras que otras instituciones, como el Grupo de Desarrollo de la Tecnología Intermedia, dan publicidad a un tipo de técnica diferente. Aparte del conocimiento, se plantea la cuestión de la disponibilidad. Las máquinas de segunda mano extienden la elección más allá de las que ahora se producen, pero con esta excepción, la elección se limita a las técnicas que se están generando en la actualidad, lo que en su mayor parte significa las técnicas que se están aplicando en los países avanzados, para los países que carecen de sus propias instalaciones productivas. Esto restringe aún más la elección hacia las técnicas desarrolladas recientemente para su uso en los países avanzados.

LOS MECANISMOS DE SELECCIÓN

Afirmamos antes que cada técnica se asocia a un vector de características consistente en los insumos requeridos, en cantidad y calidad, la naturaleza del producto, la escala de la producción, la productividad de los diversos factores, la organización a la que se adapta mejor, etcétera. Estas características tienden a reflejar las circunstancias económicas e históricas de la economía donde se introdujo la técnica por primera vez, o por lo menos tienden a concordar con tales circunstancias. Así pues, quienes introducen técnicas a los países subdesarrollados eligen entre las técnicas disponibles; la elección efectiva depende de la naturaleza de los tomadores de decisiones y de sus objetivos, de las circunstancias económicas existentes en la economía de que se trate, y de las características asociadas a técnicas diferentes, teniendo presente que su elección se limita a las técnicas que conocen, y que su conocimiento puede ser a menudo incompleto o incorrecto.

Los tomadores de decisiones difieren en cuanto a motivaciones, conocimientos y circunstancias, de modo que la identidad de quien tome la decisión puede determinar la decisión que se tome. Por ejemplo,

una subsidiaria de una firma multinacional puede tener como motivación primordial la maximización de los beneficios después de los impuestos, a nivel mundial. Las firmas de propiedad nacional y privada pueden tratar de maximizar el beneficio nacional después de los impuestos. Esta diferencia puede ser muy importante para la elección de técnica en términos de la naturaleza del producto, la escala, la especialización, el tipo de insumos usados, el precio de tales insumos, etc. Una corporación propiedad del gobierno puede tratar de maximizar los beneficios nacionales antes de los impuestos; o puede incluir también otros objetivos de poco peso para el sector privado, como la expansión del empleo o la difusión de oportunidades hacia las áreas rurales. Los objetivos de quienes toman las decisiones pueden diferir de los objetivos de las corporaciones para las que deciden: la maximización del ingreso y(o) del prestigio individuales puede alterar la toma de decisiones, lo que en ocasiones permite que la corrupción sea decisiva en la elección de técnica. Los objetivos de las empresas familiares tenderán a expresarse en términos del ingreso total de la empresa, más bien que de los beneficios.

Las circunstancias en que operan las firmas difieren también de acuerdo con su tipo. Por ejemplo, el acceso a los fondos de inversión, en cantidad y calidad, difiere entre las firmas. Las firmas multinacionales pueden obtener fondos más o menos limitados a costa de los fondos disponibles para el grupo en conjunto. Las firmas nacionales grandes pueden tomar prestado de los bancos, a menudo a tasas de interés que se mantienen bajas para alentar la inversión. Las empresas pequeñas, incluidas las empresas familiares, pueden encontrar difícil la obtención de fondos en cualquier cantidad y pueden tener que pagar precios altos. Diferentes tipos de firmas tienden a servir a mercados distintos: para muchas subsidiarias de firmas multinacionales, el mundo es su mercado. Las firmas de propiedad nacional tienden a estar más concentradas: las firmas grandes sirven a los grupos de ingresos altos y realizan algunas exportaciones. Las empresas familiares, sobre todo las del sector informal,[24] tienden a producir para el consumo de quienes se encuentran en la vecindad inmediata, sobre todo entre los grupos de ingresos más bajos. La escala de las operaciones depende de la organización, la disponibilidad de fondos y la naturaleza del mercado. Dicha escala es a menudo la característica decisiva para la determinación de la técnica seleccionada, ya que sólo hay una técnica eficiente a cada escala. Otra característica a menudo decisiva, como lo sugieren algunos estudios empíricos,[25] es la especificación del producto. La especificación del producto depende de la naturaleza y los niveles de

[24]Definido en el capítulo II.

[25]Véanse los capítulos VIII a X de este libro.

ingreso de los consumidores, y de la estructura de la economía en conjunto. Distintos tipos de firmas tienden a tener diferentes requerimientos de productos, sobre todo porque difieren sus mercados, de modo que las firmas grandes sirven a los grupos de ingresos más altos y compiten en el mercado mundial,[26] mientras que las firmas pequeñas y las rurales sirven a los consumidores nacionales de ingresos bajos. El mantenimiento de las normas, el prestigio de la firma en general, y el valor del nombre comercial, también ayudan a determinar la calidad de los productos.

El precio y la disponibilidad de otros insumos difieren también entre los tipos de firmas existentes en una economía: se ha demostrado[27] que las firmas grandes pueden obtener sus materias primas a precios menores que los de las firmas pequeñas. Las firmas que tienen contratos de tecnología extranjera, y las firmas multinacionales, tienen acceso a los insumos a precios distintos de los pagados por las demás firmas. Una diferencia importante entre los tipos de empresas es su acceso a tipos de mano de obra diferentes, y el precio que deben pagar por ella. Los factores que mantienen elevados los salarios —como las regulaciones gubernamentales y la actividad sindical— sólo operan en las empresas grandes; las empresas familiares pueden obtener generalmente su mano de obra a un precio mucho menor.

Mientras que hay grandes diferencias de objetivos y circunstancias entre tipos diferentes de empresas de una economía, la selección de técnica también depende, dentro de cada categoría, de la forma en que opere la economía en conjunto. Esto se debe en parte al precio y la disponibilidad de diversos insumos, incluidos la mano de obra y los bienes de inversión, en parte a la distribución del ingreso que determina la naturaleza de los mercados, en parte al carácter abierto o cerrado de la economía que determina el grado en que los productos deben competir en el mercado internacional. Como señalamos antes, el aspecto de paquete de la tecnología significa que cualquier técnica, que puede parecer eficiente y adecuada en sí misma, puede resultar ineficiente en el contexto de la tecnología en uso. Por ejemplo, una decisión sobre la técnica que se adoptará en la fabricación de llantas dependerá de la naturaleza de la economía y de la distribución del ingreso dentro de ella: de que los automóviles se consuman o no dentro del país, de que se produzcan o no dentro del país, de la calidad de los caminos, del grado en que las llantas deben competir con otras llantas fabricadas en el país o importadas, de la calidad y los precios de los bienes competitivos, de la disponibilidad y el precio de los insumos requeridos, incluidos los energéticos, la mano de obra de diversas habili-

[26] Véase el capítulo VII.

[27] Por ejemplo, por Prasad (1963).

dades, los materiales, etc. La decisión debe tomarse de acuerdo con la naturaleza de la estructura económica en conjunto, y puede estar determinada exclusivamente por ella. Un sistema donde compitan las firmas privadas, cada una de ellas con libre acceso a la tecnología extranjera, puede conducir a la competencia oligopolítica por la vía de la diferenciación del producto —como ha ocurrido en los países capitalistas avanzados—, más bien que a la competencia por la vía del precio. Tal estructura puede obligar a cada firma a adoptar las técnicas más recientes para asegurar su mercado proveyendo el producto más reciente; en tal situación, el mercado determina la técnica en el contexto de la tecnología en uso, aunque el conjunto de las decisiones también determina dicha tecnología. Por esta razón resulta difícil la inducción de cambios marginales de la tecnología. En el capítulo IV consideraremos las consecuencias de este hecho, cuando examinemos la tecnología adecuada.

Formalizando, podemos afirmar que el proceso de selección de técnicas consiste en la selección en la matriz de las técnicas conocidas, técnicamente eficientes y disponibles, que describimos como *cT*, cuya naturaleza se determinó por la historia del desarrollo tecnológico antes mencionada. Cada una de las técnicas de esta matriz está representada por un vector que describe sus características: *cT* = (*Ta, Tb, Tc . . . Tn*), donde *Ta, Tb,* . . ., son las diversas técnicas y cada técnica consiste en un vector de características *ai*, *a*ii, *a*iii, . . . asociadas a *Ta; bi, bii, b*iii, . . . asociadas a *Tb,* etcétera.

Los tomadores de decisiones pueden clasificarse en grupos, cada uno de los cuales tiene una función de objetivo que representa sus metas. Supongamos que los tomadores de decisiones se clasifican en *M* (multinacionales), *L* (firmas nacionales grandes), *G* (empresas de propiedad gubernamental), *F* (empresas familiares), etc. A cada grupo corresponderá una función del objetivo, que podemos representar como *m, l, g, f*. Al tratar de maximizar su función de objetivo, los tomadores de decisiones están sujetos a un conjunto de restricciones, algunas de las cuales son comunes a todos ellos, mientras que otras varían de acuerdo con la categoría del tomador de decisiones. Una de tales restricciones es la naturaleza de la tecnología disponible, que puede variar un poco entre los tomadores de decisiones, porque el conocimiento de diversos tipos de tecnología y el acceso a ellos varían entre los grupos; por ejemplo, una subsidiaria de una empresa multinacional tendrá acceso a una selección de técnicas diferentes de la accesible para una pequeña empresa familiar. Además, como antes mencionamos, los mercados, la escala, la disponibilidad y el precio de los factores pueden variar entre los grupos de tomadores de decisiones. En cambio, las condiciones básicas de la economía tienden a ser comunes a todos los tomadores de decisiones. Podemos describir las restric-

ciones de cada grupo como *Cm, Cl,* y las comunes al conjunto de la economía como *C**. La selección de técnicas consiste entonces en el intento de cada grupo por maximizar su función de objetivo sujeto a las restricciones. El balance global de las técnicas usadas en la economía depende del tamaño de los diversos grupos. Así que $uT = f(m, l, g, f \ldots, Cm, Cl, Cf \ldots C^*)$, donde uT es el subconjunto del total de técnicas disponibles que se seleccionan.

El enfoque neoclásico

El modelo neoclásico de la elección de técnica[28] selecciona dos características de las técnicas —los requerimientos de mano de obra y de inversión— y considera que la elección de la técnica consiste en una elección entre técnicas de diferente intensidad de mano de obra y de inversión. Se considera el precio relativo de la mano de obra y de la inversión como el determinante de esta elección, de modo que se selecciona la técnica que maximice los beneficios, dados el precio relativo y la sustituibilidad entre la mano de obra y el capital. Este enfoque, en su expresión de libro de texto más simple, puede mostrarse con una isocuanta regular y convexa que represente los diversos métodos (en términos de las razones de I/L) que pueden adoptarse para la producción del "mismo" bien. En la gráfica siguiente, R representa el punto de equilibrio de maximización del beneficio, de modo que se seleccionaría esa técnica.

El progreso técnico puede introducirse sin alterar el modelo básico.[29] Se supone que el progreso técnico es "neutral",[30] es decir, que afecta todas las técnicas por igual. En consecuencia, toda la isocuanta se desplaza hacia adentro a través del tiempo, de modo que en cualquier momento dado la elección de técnica se encuentra entre las técnicas representadas por una isocuanta, a pesar de que la isocuanta está desplazándose a traves del tiempo. Las cifras que presentaremos más adelante ilustran la forma en que el progreso técnico afecta la elección de técnica.

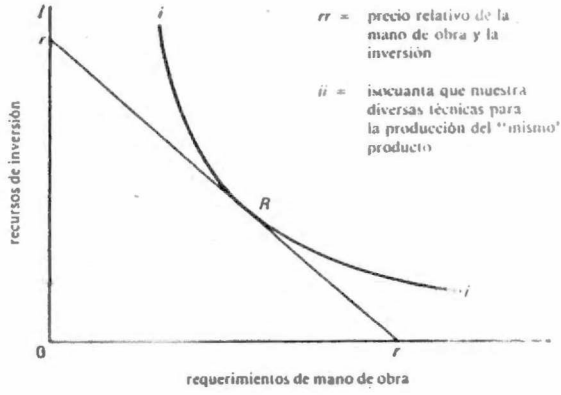
Los desarrollos del enfoque neoclásico, en su aplicación a los países subdesarrollados, se han concentrado en dos aspectos: primero, que el ahorro generado por unidad de inversión debe ser uno de los criterios (a veces *el* criterio) de la elección de técnica,[31] segundo, que el pre-

[28] La obra clásica de Sen (1968, 3a. edición) provee un buen ejemplo.

[29] Véase, por ejemplo, Meade (1961).

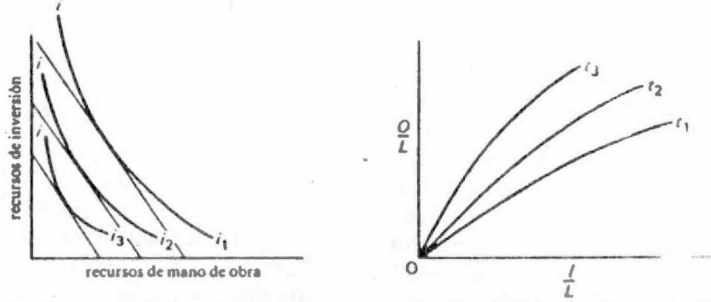
[30] No nos interesan aquí las diversas definiciones de la neutralidad (por ejemplo, las de Hicks, Harrod y Solow).

[31] Véanse, por ejemplo, Galenson y Leibenstein (1965), y Sen (1968).



GRÁFICA I.10

cio relativo de la mano de obra y de la inversión puede estar ahora "distorsionado", de modo que se seleccionan técnicas socialmente inadecuadas (en términos generales, excesivamente intensivas en inversión), de donde deriva el desempleo y el subempleo.[32] En capítulos posteriores examinaremos en mayor detalle estos aspectos. Aquí nos interesa el hecho de que ambos se postulan sobre el mismo enfoque básico de la elección de técnica que el enfoque neoclásico, en su forma más simple antes descrita, es decir, se postulan sobre la exis-



ii_1 es la isocuanta del periodo 1 correspondiente a la función de producción Ot_1; con el progreso técnico, ii_1 se desplaza a ii_2, y Ot_1 *a* Ot_2, etcétera.

GRÁFICA I. 11

[32] Véase, por ejemplo, Bruton (1974).

tencia de un gran conjunto de técnicas de requerimientos variables de mano de obra y de inversión, como se muestra en la isocuanta anterior, donde el precio relativo de la mano de obra y de la inversión es el determinante de la elección.

En cierto sentido, el modelo neoclásico puede considerarse como un caso especial (y en la práctica poco importante) del modelo general antes descrito. El modelo neoclásico selecciona sólo dos características entre las muchas asociadas a cada técnica —los requerimientos de inversión y de mano de obra— y descarta por completo todas las demás, tales como la escala de la producción, la naturaleza del producto, los requerimientos de mano de obra calificada, los insumos de materiales, los requerimientos infraestructurales, etcétera, etcétera. Por lo que toca a los mecanismos de selección, se concentra sólo en uno —los precios relativos de la mano de obra y de la inversión—, correspondiente a *un* tipo de tomador de decisiones, el empresario maximizador del beneficio con acceso ilimitado al financiamiento a tasas de interés constantes. Para lograr esta simplificación, el modelo formula un supuesto de *ceteris paribus* acerca de las múltiples otras influencias que afectan la toma de decisiones, y acerca de las características de las técnicas que determinan la elección técnica.

Sin embargo, podría sostenerse, a pesar de las aplastantes pruebas empíricas en el sentido de que la intensidad de la mano de obra y de la inversión no constituyen las variables más importantes, ni su precio relativo es el único determinante fundamental de la elección, que el enfoque ilumina una subsección importante de la elección técnica, la referente al aspecto de la intensidad de inversión y mano de obra de la generación de un producto dado. Ni siquiera esto puede darse por sentado, dada la naturaleza del desarrollo tecnológico a través del tiempo, que invalida el supuesto de un conjunto de técnicas de variable intensidad de mano de obra y de inversión y, sobre todo, el supuesto de *ceteris paribus* acerca de las otras características de las técnicas.

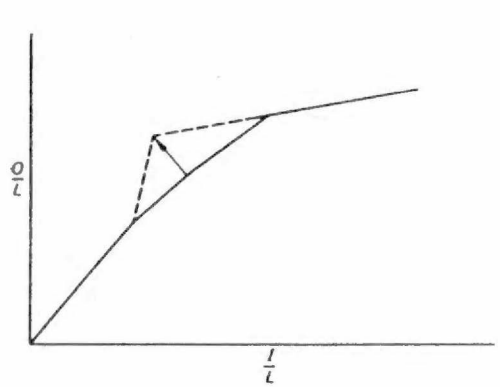
Como antes vimos, las técnicas deben desarrollarse a través del tiempo, y las técnicas disponibles para la selección en cualquier momento dado son las desarrolladas en el pasado. En términos generales, las técnicas desarrolladas en un momento dado reflejan los recursos de la economía en ese momento. Por lo que toca a la intensidad de la inversión y de la mano de obra, esto significa que las técnicas más intensivas en mano de obra tenderán a desarrollarse en los periodos iniciales, cuando el ahorro era menor en relación a la oferta de mano de obra, mientras que las técnicas más intensivas en inversión se desarrollarán más tarde, cuando se disponga de más ahorro en relación con la oferta de mano de obra. Así pues, en la medida en que se disponga de un conjunto de técnicas de tipo neoclásico (es decir, técnicas de razones I/L variables), tal conjunto consistirá en las técnicas desarrolladas a lo largo de un periodo histórico, donde las

técnicas más intensivas en inversión (esto se ilustró en la gráfica I.9 (*a*). Pero en virtud de que las técnicas anteriores se originan en una época anterior, tienen menos conocimientos científicos y técnicos que las apoyen, y por lo tanto tienden a tener una productividad menor. Muchas de ellas se han vuelto técnicamente ineficientes, como antes vimos, ya que utilizan más inversión y más mano de obra en relación con el producto generado. Así pues, en lugar de que exista una isocuanta completa correspondiente a cada momento histórico, para cada época científica y técnica, como se observa en la gráfica I.11, hay una serie de técnicas desarrolladas en épocas diferentes, donde las más tempranas tienden a volverse técnicamente ineficientes, como se mostró en las gráficas I.6 y I.9 (*a*).

En ciertos sentidos, esta concepción del desarrollo técnico es similar a la de Salter (1966), y la de Atkinson y Stiglitz (1969). Salter creía, como los neoclásicos, que existía potencialmente todo un conjunto de técnicas de variable intensidad de inversión y de mano de obra, correspondientes a cada nivel de desarrollo científico y técnico, o del "estado de la técnica", en la propia terminología de Salter. Pero entre este gran conjunto potencial, sólo se desarrollaban en efecto las técnicas inmediatamente rentables; Salter comparó el "conjunto relativamente estrecho de las técnicas desarrolladas que en efecto están a disposición de los empresarios, el conjunto ejemplificado por las máquinas existentes en el mercado", con "el conjunto mucho mayor de las técnicas que podrían diseñarse con el estado actual del conocimiento".[33] Las primeras —las máquinas realmente existentes— se limitan a un intervalo estrecho de intensidad de la inversión y la mano de obra que refleja los recursos existentes cuando se desarrollaron tales técnicas. Por lo tanto, podrían representarse por un punto de un diagrama, como se hizo con las gráficas anteriores (por ejemplo, en la gráfica I.6). Atkinson y Stiglitz examinaron la naturaleza localizada del progreso técnico parcial, consistente en los mejoramientos de las técnicas ya en uso, como se muestra en la gráfica de la página siguiente.

Tanto Salter como Atkinson y Stiglitz se apegan al marco neoclásico en dos sentidos: primero, al mostrar una función de producción, ya sea en sentido potencial (Salter) o como el punto de partida (Atkinson y Stiglitz), a pesar de que la conclusión de un enfoque histórico de desarrollo técnico debe ser que tiene escaso sentido, si es que tiene alguno, el supuesto de un conjunto casi continuo de técnicas que reflejan las posibilidades existentes en un "estado del conocimiento" dado; lo único que existe son técnicas *desarrolladas* en épocas diferentes. Si tiene sentido o no hablar de una función de producción potencial, como lo hace Salter, es realmente un problema metafísico. Para nuestro análisis importa más su concentración, como la del enfoque

[33]Salter (1966), pp. 14-15.



GRÁFICA I.12. El progreso técnico localizado de Atkinson y Stiglitz

neoclásico básico, en las dos características neoclásicas de la intensidad de la mano de obra y de la inversión de las técnicas, olvidando las otras características, y de los mecanismos de selección. Esto es importante porque las otras características se relacionan sistemáticamente entre sí y con la intensidad de la inversión de las técnicas, lo que tiende a invalidar todas las conclusiones que no las tomen en cuenta. Un aspecto ya comentado antes es el desarrollo del producto que ocurre sistemáticamente a través del tiempo, lo que significa que las técnicas posteriores se asocian a productos diferentes —más eficientes y de ingresos más altos— que los de las técnicas anteriores. Por lo tanto, no tiene sentido el supuesto de que existen técnicas de variable intensidad de mano de obra y de capital que generan el *mismo* producto, porque los desarrollos técnicos que han incrementado la inversión se han asociado también a productos diferentes. Esto significa también, como antes señalamos, que algunas técnicas anteriores que aparentemente podría constituir una opción intensiva en mano de obra quedan descartadas porque están asociadas a productos obsoletos. Esta conclusión es en cierto sentido irónica, porque muchos neoclásicos[34] han utilizado la elección del producto para rescatar la idea de la elección técnica en términos de la intensidad de la inversión, sosteniendo que si bien las pruebas empíricas apoyan la idea de una fijeza relativa de los coeficientes de cada producto, la elección de productos permite la variabilidad de los coeficientes. Otros cambios sistemáticos de las características de las técnicas a través del tiempo son los cambios de escala y de los requerimientos de insumos (particularmente de las habilidades). Otra vez, esto significa que las técnicas posteriores se diseñan para una escala mayor que las anteriores, de modo que raras veces

[34]Por ejemplo, Solow (1970).

se justifica pensar en ellas como generadoras de la misma isocuanta. Los cambios de la disponibilidad y los requerimientos de habilidades, y otros cambios de la tecnología en uso, significan también que las técnicas posteriores se asocian sistemáticamente con características diferentes de las correspondientes a las técnicas anteriores. Dado que la única elección genuina de técnicas en los lineamientos neoclásicos es el resultado de la supervivencia de las técnicas anteriores, intensivas, en mano de obra, junto con las técnicas posteriores, más intensivas en inversión, toda elección entre ellas implica también una elección de las otras características que han cambiado sistemáticamente con el tiempo. Así que las técnicas anteriores están diseñadas, en general, para la producción a pequeña escala, usan menos habilidades, requieren menos insumos tecnológicamente avanzados, etcétera, por comparación con las técnicas posteriores. En tal virtud, no debe sorprendernos el hecho de que la intensidad de la inversión resulte a menudo de importancia secundaria para la elección, y que el precio relativo de la mano de obra y del capital tenga también una importancia secundaria, por comparación con las otras características olvidadas en el enfoque neoclásico.

CONCLUSIONES

En este capítulo hemos tratado de mostrar la forma en que la evolución histórica de la tecnología ha condicionado las características de la elección tecnológica a disposición de los países subdesarrollados. También hemos examinado los factores determinantes de la selección de técnicas en cualquier país, sosteniendo que grupos diferentes de tomadores de decisiones afrontan restricciones diferentes, tienen objetivos diferentes, y por lo tanto hacen elecciones diferentes. Por último, sostuvimos que el modelo neoclásico sólo examina un aspecto secundario de la elección; adopta una visión antihistórica de la elección disponible; supone un solo tipo de tomador de decisiones; y con su supuesto de *ceteris paribus* olvida muchos de los factores más importantes que afectan la elección, como se verá en la sección empírica de este libro. Este capítulo se ha concentrado en el examen de los factores generales que afectan la elección tecnológica en los países subdesarrollados; los capítulos III y IV examinarán en forma más específica las consecuencias de la elección tecnológica para los patrones de desarrollo de los países subdesarrollados y las características de una tecnología "adecuada". Pero primero, en el capítulo siguiente, consideraremos la naturaleza de los problemas, el empleo existente en los países subdesarrollados y su relación con la cuestión de la tecnología.

XI. ALGUNAS CONCLUSIONES

EN ESTE libro hemos tratado de analizar el papel de la tecnología en el desarrollo económico de los países pobres. ¿Cuáles fueron los efectos de la tecnología adoptada? ¿Eran éstos inevitables, en vista de la naturaleza de la tecnología disponible, o una elección diferente podría haber producido resultados significativamente distintos? ¿Cuáles condiciones serían necesarias para lograr una elección diferente? ¿Qué determina la naturaleza de la tecnología disponible y cómo podría cambiarse tal naturaleza? Detrás de estos interrogantes se encuentra una pregunta fundamental acerca de la índole de la tecnología y de la elección tecnológica. En lugar de hacer un resumen detallado del libro, paso a paso, en este capítulo trataremos de enfocar directamente estos interrogantes, a la luz de la discusión anterior.

En muchos países pobres, las altas tasas de inversión se han asociado a un crecimiento lento del empleo en el sector moderno y a la mala distribución del ingreso, de modo que gran parte de los frutos de la inversión van a dar a manos de la minoría asociada al sector moderno. Ha surgido una forma de desarrollo dual, asociada al creciente desempleo y subempleo, y la concentración de los recursos en el sector relativamente pequeño que recibe tecnología avanzada del exterior, con olvido y empobrecimiento del resto de la economía. Por lo tanto, está claro que la naturaleza de la inversión en los países a los que se aplica este paradigma ha sido poco satisfactoria. La cuestión fundamental consiste en saber si esto deriva de la naturaleza de la tecnología misma, como sugerirían los partidarios del determinismo tecnológico, o de una elección errada dentro del conjunto disponible.

Una distinción fundamental entre los países ricos y los países pobres consiste en que los últimos son en su mayor parte *receptores* de la tecnología desarrollada en los países ricos, mientras que éstos, en conjunto, generan su propia tecnología. Así pues, el examen de la naturaleza de la tecnología disponible para los países pobres implica el análisis de la naturaleza del desarrollo tecnológico en los países ricos.

El examen del proceso del desarrollo tecnológico sugiere que el conjunto de la tecnología disponible es más estrecho de lo que han supuesto muchos economistas, pero más amplio de lo que creen los partidarios del determinismo tecnológico. Las características de una tecnología están condicionadas por el ambiente de la economía para la que se desarrolla. En virtud del predominio de los países avanzados en el desarrollo tecnológico, ha surgido una tecnología acorde con las condiciones existentes en dichos países; las características de tal tecnología han resultado inadecuadas para las condiciones diferentes de los países mucho más pobres del tercer mundo. Gran parte del patrón de

desarrollo dual de los países del tercer mundo puede imputarse al hecho de que la tecnología moderna tiene características adecuadas para los países avanzados, no para los países pobres. Pero las técnicas intensivas en capital provenientes de los países avanzados que producen bienes refinados no representan la única opción. La tecnología más antigua de los países avanzados, la tecnología tradicional de los países del tercer mundo y la tecnología de desarrollo reciente diseñada para el tercer mundo ofrecen una elección de técnicas con características distintas y más adecuadas. Pero en virtud de que se ha prestado escasa atención sistemática a las técnicas adecuadas, hay muchas áreas donde tales técnicas no están disponibles, de modo que la tecnología reciente de los países avanzados constituye la única posibilidad. En otras áreas, los grandes avances de la productividad de la tecnología de los países desarrollados han vuelto obsoletas las técnicas alternativas más antiguas o tradicionales. Los estudios empíricos de casos particulares indican que muchas veces existe a pesar de todo un conjunto importante de técnicas eficientes y no sólo una técnica de país avanzado con características inadecuadas, aunque a menudo las técnicas alternativas tienen una productividad relativamente baja. Los estudios empíricos han tendido claramente a la investigación del conjunto de métodos disponibles para la producción de un bien dado. En cuanto se extiende la investigación al conjunto de formas diferentes (incluidos los productos diferentes) que pueden emplearse en la satisfacción de necesidades definidas en términos amplios, se ensancha considerablemente el conjunto de las técnicas disponibles.

Si definimos la elección de técnica en términos que permitan incluir todas las formas distintas de satisfacción de las necesidades básicas, veremos que existen tecnologías alternativas a las que ahora se usan en los países avanzados. Desde este punto de vista, están equivocados los partidarios del determinismo tecnológico, y los países pobres podrían escoger una tecnología más adecuada. Pero la posición dominante de la IDE en los países ricos han hecho que la productividad de la tecnología alternativa sea a menudo relativamente baja, mientras que el conjunto de productos para los que resulta adecuada es más o menos reducido. Dado que los países pobres tienen entonces cierta posibilidad de elección —y los estudios empíricos están explorando todavía la extensión de la elección—, se sigue que los determinantes de tal elección, descritos aquí como los mecanismos de selección, son responsables en parte de la naturaleza de la tecnología adoptada.

Surge entonces el interrogante de los determinantes de la elección de técnica, la cuestión que ha ocupado un lugar central en gran parte del análisis de la tecnología. Los neoclásicos han concedido siempre una importancia fundamental a los precios relativos. Pero el análisis de la elección técnica que hemos desarrollado aquí sugiere un proceso

mucho más complicado, donde los precios relativos son sólo uno de los mecanismos de selección, a menudo poco importante. Cada técnica tiene un vector de características consistente en cosas tales como el tipo de producto, la calidad, la escala de la producción, el uso de recursos, etcétera. Los tomadores de decisiones difieren en cuanto a sus objetivos y restricciones, incluidas las del conocimiento. La elección efectiva en un caso particular depende entonces de la interacción existente entre los objetivos de los tomadores de decisiones, dada las restricciones que afrontan y las características de las diversas técnicas. Al nivel macroeconómico, la elección de técnicas depende del peso de la inversión representado por diferentes tipos de tomadores de decisiones, así como de las decisiones que tome cada uno de ellos.

De este tipo de enfoque a la elección técnica surge un conjunto de mecanismos de selección importantes. El conjunto incluye la tecnología que ya esté en uso. La tecnología es un paquete, y cada técnica está diseñada para operar dentro de un sistema tecnológico particular. La adopción de una técnica dentro de un sistema tecnológico particular. La adopción de una técnica dentro de un sistema alternativo sólo resulta eficiente en muchos casos si se adoptan también las partes asociadas del sistema tecnológico, ya sean de producción nacional o importadas. Por lo tanto, la tecnología en uso ayuda a determinar la elección de técnica en los procesos asociados.

La naturaleza de los mercados servidos y el tipo de producto requerido tienen una importancia fundamental para la determinación de la naturaleza de la tecnología. Los mercados internacionales, sobre todo los de los países avanzados, y la demanda de los grupos de ingresos altos de los países pobres que han adoptado los patrones de consumo de los países avanzados, requieren en su mayor parte productos recientemente diseñados en los países avanzados, y por lo tanto una tecnología reciente. Las políticas del comercio internacional, y la distribución del ingreso nacional, así como las políticas seguidas hacia la publicidad y las normas de los productos, constituyen influencias importantes sobre la elección de técnica. También influyen los precios relativos y la disponibilidad de recursos, incluidos los conocimientos.

Diversos tipos de tomadores de decisiones —compañías multinacionales, compañías nacionales públicas y privadas, empresas grandes o pequeñas, organizadas de acuerdo con los lineamientos occidentales o tradicionales— tienden a hacer elecciones diferentes. Esto se debe a que tienen objetivos diferentes y distintas oportunidades y restricciones. Difiere su acceso a diversos tipos de tecnología, al igual que los mercados que afrontan y su acceso a otros recursos tales como el financiamiento, la mano de obra calificada y no calificada. Así pues, en el conjunto de la economía, la proporción de los recursos totales

controlados por diversos tipos de tomadores de decisiones influye fuertemente sobre la elección de técnica.

La medida en que los gobiernos puedan *optar* por seguir caminos alternativos depende del grado en que controlen estos (y otros) mecanismos de selección. Muchos de los mecanismos de selección son, en una u otra forma, el *resultado* del sistema económico y de la tecnología que ya esté en uso. Por ejemplo, la distribución del ingreso y el peso del control sobre los recursos de tipos diferentes de tomadores de decisiones surge, por lo menos en parte, del sistema económico. Así un sistema basado en el empleo de la tecnología de los países avanzados tiende a generar ingresos altos entre quienes trabajan con esa tecnología, lo que crea mercados para los bienes que dicha tecnología produce. Del lado técnico, a causa de las conexiones existentes entre diversas técnicas, la tecnología en uso determina en parte la ventaja relativa de diferentes tipos de técnicas en las nuevas decisiones de inversión. Los precios relativos y la disponibilidad de recursos derivan también en parte del sistema existente. La tecnología de los países avanzados se asocia fuertemente a los salarios relativamente elevados, mientras que la tecnología tradicional se asocia a los ingresos bajos. Por lo tanto, dada la naturaleza de la tecnología existente, es posible que los gobiernos tengan sólo un control limitado sobre los precios relativos.

En todas estas áreas, la causación se desenvuelve en ambos sentidos, ya que un sistema tecnológico particular origina mecanismos de selección compatible con él y que conducen a decisiones nuevas de una clase similar. Algunas conexiones de esta clase ocurren en una situación no regulada, pero los enlaces causales pueden ser débiles, de modo que la intervención gubernamental podría impulsar los mecanismos de selección en direcciones diferentes. ¿Hasta dónde pueden introducirse los gobiernos en estos enlaces para lograr tal impulso?

Este interrogante debe considerarse a dos niveles. Uno es el de la economía política. Los gobiernos son normalmente los representantes de una economía política particular, no sus árbitros. En la medida en que los gobiernos estén constituidos por individuos que se beneficien de la economía política existente, y representen a otros beneficiarios semejantes, es posible que no quieran o no puedan desafiarla. A nivel macroeconómico, una tecnología alternativa implica una economía política alternativa, una distribución diferente de los beneficios del sistema económico. Es posible que los gobiernos desarrollados dentro de un sistema no tengan poder suficiente para un sistema alternativo. Esto no significa que no promoverán técnicas alternativas en unos cuantos casos donde los beneficios sean obvios y el ataque a los intereses existentes sea insignificante. Pero sí impone limitaciones a su deseo y capacidad para seguir políticas diferentes a escala suficiente para lograr un cambio significativo a nivel macroeconómico.

La búsqueda eficaz de una tecnología alternativa adecuada amenazaría algunos intereses de los países avanzados y de los países subdesarrollados que se están beneficiando actualmente del uso de la tecnología de países avanzados. La continuación del empleo de la tecnología de países avanzados se encuentran en la base de la continuación de la dependencia de los países pobres. Tal empleo mantiene la delantera de los países avanzados en el campo de la tecnología y por ende permite, en efecto, la continuación de la venta de tecnología, bienes y servicios administrativos a los países pobres, en términos favorables para los países ricos. Se desarrolla así una especie de alianza de intereses entre los habitantes del tercer mundo que se benefician de la continuación del empleo de la tecnología de países avanzados —quienes son propietarios de la tecnología o trabajan con ella y reciben altos ingresos derivados de su elevada productividad— y los habitantes de los países avanzados que se benefician por el mantenimiento de la dependencia tecnológica de los países pobres. Los teóricos de la dependencia han formalizado esta relación, creyendo que los gobiernos de los países dependientes representan los intereses del centro en la periferia y por tal razón son incapaces de desafiarlos. Es probable que esta concepción resulte demasiado simplista: algunos gobiernos de países pobres realizan acciones que parecen contrarias a los intereses de los países avanzados. Además, algunos gobiernos muestran cierto interés por el bienestar de grupos que no pertenecen a los sectores privilegiados. Sin embargo, la alianza de intereses entre los países avanzados y el sector de la tecnología avanzada de los países pobres constituye un obstáculo formidable para cualquier cambio significativo.

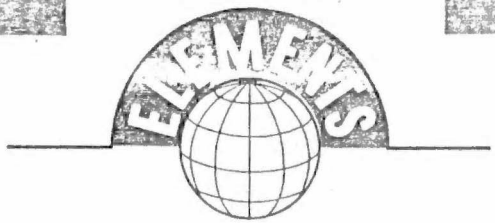
El segundo nivel es el de la técnica. Aun si existiera la voluntad política, los problemas técnicos pueden impedir un cambio efectivo de los mecanismos de selección hacia una tecnología alternativa. Como antes vimos, muchos de los mecanismos de selección son el resultado del sistema económico/tecnológico existente y escapan al control de los gobiernos. Así sucede claramente, por ejemplo, con los requerimientos técnicos de los procesos complementarios impuestos por la tecnología existente. Además, muchos aspectos del sistema, que no le resultan estrictamente esenciales, son propicios para su eficiencia. Tal ocurre con gran parte de la concentración de los recursos en el sector avanzado que tiende a asociarse con el empleo de la tecnología de países avanzados; el funcionamiento eficiente del sistema requiere la concentración del gasto en los servicios sociales y la infraestructura; los salarios relativamente altos pagados por el sector proveen una fuerza de trabajo eficiente y también mercados para los productos generados por la tecnología. El cambio de estos aspectos, requerido por una tecnología alternativa, no sólo encontraría la oposición política sino que también amenazaría la eficiencia del sistema existente.

Hay algunas condiciones que tenderían a facilitar un desplazamiento hacia una ruta alternativa. Una de ellas es el sistema de comercio internacional. Sostuvimos (capítulo VIII) que una desviación del comercio con los países avanzados hacia el comercio con otros países en desarrollo es una condición necesaria para la búsqueda de una tecnología más adecuada. Otra condición es el desarrollo de la capacidad nacional de bienes de capital, que permita la producción de máquinas más adecuadas. Lo que se necesita, sobre todo, es la innovación técnica nacional orientada hacia las necesidades nacionales. La creciente eficiencia relativa de la tecnología de los países avanzados, debida a la magnitud dominante de los recursos a ella destinados, hace cada vez más costosa la elección de técnicas alternativas. La obtención de una innovación técnica adecuada para el tercer mundo requiere mucho más que una estructura formal de instituciones científicas nacionales, como se ha sostenido vigorosamente en otra parte.[1] También requiere que los tomadores de decisiones *utilicen* esta clase de tecnología, lo cual significa que los mecanismos de selección deben ser correctos. Pero esto demanda algunos cambios económicos que sólo tenderán a ocurrir *después* de que se haya adoptado con éxito una tecnología alternativa, y es poco probable que tales cambios precedan a dicha adopción.

Nos estamos aproximando a una clase diferente de determinismo tecnológico. De acuerdo con el determinismo tecnológico de viejo cuño, la tecnología de los países avanzados se emplea en los países pobres porque representa la única tecnología eficiente. Hemos rechazado esta posición por dos razones: primera, porque existen algunas técnicas alternativas, sobre todo si incluimos todos los procedimientos diferentes que hay para la satisfacción de necesidades ampliamente definidas. Segunda, porque el propio cambio técnico es el producto de un sistema económico, de modo que puede ser dirigido hacia la producción de una tecnología alternativa. Así pues, existe una elección potencial de tecnología en relación con las técnicas actuales y con la dirección del cambio técnico. Pero la forma en que se hace la elección está determinada por un sistema económico que en sí mismo depende de la tecnología en uso. La situación está tecnológicamente determinada, no porque exista ninguna tecnología alternativa donde escoger, sino a causa de las complejas conexiones entre los mecanismos de selección y las técnicas escogidas, que vuelven muy difícil la elección de un sistema alternativo.

[1] Véase Cooper (1972).

15-4
(32)



1

technology, development and the environment: a re-appraisal

AMULYA KUMAR N. REDDY

(1979)

united nations environment programme

3. Some conceptual clarification

Though the clamour for the deployment of appropriate/alternative/intermediate and so on, technologies has been rising over the past decade or two, the concept of environmentally sound and appropriate technologies is of recent origin. It is no surprise, therefore, that the concept has sometimes led to unforeseen apprehensions and unintended impressions. Some clarification is, therefore, in order.

At the outset, there are the semantic issues arising from the word "appropriate", which acquires meaning only when one specifies "appropriate to what or to whom?". Too often, the sole concern is with appropriateness in relation to the capital and labour endowments of a region or country, but this purely economic view is a narrow, restricted and one-dimensional theory of appropriateness. In contrast, the assessment of appropriateness from the standpoint of development objectives necessitates a three-dimensional view in which the environmental and social dimensions are no less important than the economic one.

Sometimes it has been assumed that the case for environmetally sound and appropriate technologies, particularly for developing countries, is built upon a rejection of industry and industrialization. Nothing could be farther from the truth. In fact, it is considered self-evident that industrialization is essential for meeting the basic needs of growing populations. The case in appropriate technologies based on the development of those products, patterns and forms of industrialization that will advance the type of development described in the paper. It is implicit in such a view that a great deal will have to be learnt from the industrialization process of the developed countries. But, that process—it must be noted—includes both successes and failures, with corresponding lessons. Hence, development does not have to consist of a slavish imitation of the type of industrialization followed by the developed countries.

Similarly. it has often been assumed that the proponents of environmentally sound and appropriate technology demand a total rejection of the so-called "modern" technology of the developed countries. In fact, what is demanded is a careful scrutiny of the economic, social and environmental implications of modern technology from the standpoint of the objectives of Development and the New International Economic Order, and an unqualified acceptance of such of these technologies (in original or adapted forms) which advance those objectives. Thus, what is rejected is the blind faith that all the technologies of the developed countries

are universally appropriate, despite the specificity of the historical circumstances which spawned them and the particularity of the demands in response to which they were evolved. Also discarded is the naive belief that these technologies are always an unmitigated blessing, equally satisfying the interests of those who sponsor, hawk, and vend them, as of those who intend to use them to fulfil national development objectives.

In some quarters, the argument for environmentally sound and appropriate technologies has been misunderstood as a plea for a total return to, and dependence on, the traditional technologies of ancient peoples. In fact, the plea is quite different. Traditional technologies have undergone a selection process over centuries of empirical testing; hence, they are very likely to represent optimum solutions. But they are optimum only for the particular conditions, constraints, materials, and needs in response to which they were developed. With the emergence of new conditions, constraints, materials and needs, it is likely that their applicability will have been eroded and the technology rendered invalid. Nevertheless, it is quite possible that these traditional technologies can undergo qualitative changes through minor modifications. These improvements can be brought about by the use of modern science and engineering to understand and clarify the rational core of ancient practices. Such transformed traditional technologies may well qualify as environmentally sound and appropriate.

In addition to the possibility of "modern" technologies and transformed traditional technologies being environmentally sound and appropriate, there is also the possibility of alternative technologies being specifically designed *ab initio* to meet the criteria of environmental soundness and appropriateness.

Since there are three main sources for the selection of environmentally sound and appropriate technologies, viz., "modern", transformed traditional, and alternative technologies, it is very likely that the optimum pattern of technologies to advance the development objectives of a country will consist of a mix or blend of technologies from the various sources. The possibility of this mix making up the whole package of environmentally sound and appropriate technologies refutes the alleged bias wholly in favour of traditional technologies or wholly against modern technology.

Another important clarification relates to the dynamic nature of the concepts of environmental soundness and appropriateness. This dynamism follows inevitably from the continuously changing nature, on the one hand, of the physical environment in a country, and on the other hand, of the structure of its development goals. Thus, what is environmentally sound and appropriate at one juncture of history may not be so at a later time. As a result, the

ment and with the nature of development tasks. It also follows that the composition of the mix that constitutes the total package of environmentally sound and appropriate technologies may have to change with the passage of time.

Still another issue which needs clarification is the scope of technology. Too often the advocates of appropriate technology have restricted their concerns to production technology. However, if technology is to be an instrument of environmentally sustainable development, it must be understood in a much broader sense as encompassing both product and production, and both software and hardware. That is, the technologies under discussion must include what type of goods and services are produced, in addition to how they are produced. They must include software or disembodied technologies concerned with ways of utilizing existing men, machines, devices and materials, in addition to hardware or embodied technologies concerned directly with machines, devices and materials. Thus, all types of technologies, and not merely production technologies, must be scrutinized for environmental soundness and appropriateness.

There is also the question of the advanced character of technologies. This character should derive not from the trivial criterion of scale of production, but from the extent to which the technologies embody modern scientific and engineering thinking.

From this standpoint, it is possible that both transformed traditional technologies and alternative technologies need not be primitive; they can turn out to be as "advanced"—and "modern" in the literal sense of the word—as the technologies of the developed countries. In fact, this possibility must be associated with a high degree of probability because, unlike the technologies of the developed countries, there is no crowded and beaten path for the generation of transformed traditional and alternative technologies, and therefore, the dependence on fundamental science and engineering must be even stronger

For a similar reason, it is unfortunate that the technologies of the developed countries are invariably described as "high" technologies, in contrast to alternative and transformed traditional technologies which are pejoratively referred to as "low" technologies. But, the terms "high" and "low" should depend on whether there is a high or low science and engineering input, and not upon whether the technology originates from the developed countries or not. Invariably, however, it is this geographical origin of a technology which determines the terms of common parlance—advanced/primitive and high/low. The underlying subconscious belief or conscious policy is the equating of all that is good with what emanates from the industrialized countries.

Finally, some votaries of appropriate technology have themselves been responsible for creating the impression that technology alone can remove poverty, redress injustice, solve development problems, and prove a universal panacea (provided it is the right brand!). But, technology is only a sub-system of society, and the development of society hinges not on only technology, but also on the other crucial sub-systems—the political, economic and social sub-systems—as well as on the physical environment of society.

In other words, technology is only an instrument for the development of society. Like all instruments, it must be specifically chosen and/or designed to fulfill its intended function. But, the will to use the instrument and the skill to wield it effectively does not depend so much on the instrument itself as upon the user.

Thus, the right type of technology (an environmentally sound and appropriate technology) is a necessary condition for development, but not a sufficient condition. It is also essential that the political structure and the socio-economic framework are both committed to development goals, and that the environmental context can sustain these goals.

Further, technology must always be seen in relation to the social setting, and the question of appropriateness is necessarily specific to the particular social context.

Technology, therefore, has both power and limits. But its power to advance development is drastically reduced if it is not environmentally sound and appropriate; hence, the paramount importance of selecting environmentally sound and appropriate technology.

4. Criteria for environmental soundness and appropriateness

Having attempted to clarify some of the misconceptions about environmentally sound and appropriate technology, attention will now be turned to the methodology of selection of such technologies. In particular, this attention will focus on two crucial aspects of this methodology;

(1) the *criteria* to be used; and

(2) the *procedure* for using these criteria.

The criteria used in the choice of technologies are important for several reasons.

(1) When criteria are explicitly stated, they have to be reckoned with, and this enforced reckoning tends to counteract arbitrariness in policy- and decision-making.

(2) The spelling out of criteria facilitates their publication. Also, the more broadcast an awareness of the criteria is, the less the risk of their being ignored in policies and decisions; and when they are ignored, the greater the consciousness that this is being done, and the greater the need for an open justification of the omission, deletion or suppression of criteria. Hence, criteria have an impact both on policy-makers and decision-makers, and on those who are affected by policies and decisions. From this point of view, the purpose of setting down criteria is to broaden the base of policy- and decision-making.

(3) An increase in awareness of the criteria to be used in the choice of environmentally sound and appropriate technologies will, on the one hand, generate a widespread demand for such technologies, and on the other hand, guide those who generate technologies. The significance of this consciousness among scientists and engineers must not be underestimated, because the definition and appreciation of criteria is an inhibiting factor against the development of environmentally unsound and inappropriate technologies.

(4) Notwithstanding the obvious importance of establishing criteria for the choice of environmentally sound and appropriate technologies, it is interesting that no explicit list of criteria exists today. This only means that the criteria are usually implicit. Nevertheless, even implicit criteria can be deciphered from the technologies in vogue and from the decisions that ushered in these technologies. And, if many of these technologies are environmentally unsound and inappropriate, then it follows that the explicit statement of criteria is a vital step in generating

In so far as criteria must be derived from objectives, the criteria for the choice of environmentally sound and appropriate technologies must emerge from the development objectives indicated earlier. This is undoubtedly a normative approach to the definition of criteria. The approach is based on the following value judgements:

(1) that economic development, particularly of the developing countries, is an urgent objective of the highest priority, and that this development is contingent upon the establishment of a New International Economic Order which must, above all, include a new relationship between developed and developing countries;

(2) that, in the ultimate analysis, it is a basic need of human beings to participate in the decisions and processes concerning their destiny and to exercise increasing control over these decisions and processes;

(3) that the environment is the sole irreplaceable habitat of man and must therefore be jealously protected and husbanded.

Stimulated by such a perspective, a list of preferences to be used in the choice of technology can be proposed.

The economic dimension of development requires the exercise of preferences for technologies which are need-based, rather than those that amplify inequalities between and within countries, for example:

(1) a preference for technologies which are consistent, rather than incompatible, with the basic factor proportions of particular countries. This means, for most developing countries, a preference for energy-conserving, capital-saving and employment-generating, rather than energy-extravagant, capital-intensive and labour-saving, technologies;

(2) a preference for the technologies of goods and services relevant to mass consumption, rather than to individual luxuries;

(3) a preference for technologies based on local materials, rather than materials which have to be imported from abroad or transported from distant parts of the country;

(4) a preference for technologies which generate employment for under-privileged masses, rather than for privileged elites;

(5) a preference for technologies which produce for local consumption, rather than for remote markets;

(6) a preference for technologies which promote a symbiotic and mutually reinforcing, rather than parasitic and destructive, inter-dependence. This would be, on the one hand, the metropolises of developing countries on their rural hinterlands and on the other, the developed countries on the developing countries.

The social dimension of development necessitates the exercise of preferences for technologies which promote endogenous self-reliance by increasing social participation and control, for example:

(1) a preference for technologies which lead to an enhancement of the quality of life, rather than merely to an increase in the consumption of goods;

(2) a preference for production technologies which require satisfying creative work, rather than boring routine labour, i.e., for technologies which relate men to work, rather than alienate them from it;

(3) a preference for production technologies in which machines are subordinated to, rather than dominate, the lives of people;

(4) a preference for technologies which lead to human settlements being designed to suit the collective and individual lives of people, rather than the requirements of agglomerations of productive units;

(5) a preference for technologies which promote ease, rather than sophistication, of operation;

(6) a preference for technologies which blend with, rather than disrupt traditional technologies and the fabric of social life;

(7) a preference for technologies developed endogenously from the local context, rather than transferred from alien settings;

(8) a preference for technologies which facilitate the devolution of power to the people, rather than its concentration in the hands of elites.

The environmental dimension must be concerned with the rational sustained use, rather than indiscriminate rapid devastation, of the resource-bestowing and life-supporting bio-geophysical environment. Hence, this dimension must involve, the exercise of several preferences in the choice of technologies, for example:

(1) a preference for energy-production technologies based on renewable rather than depletable, energy sources (e.g. sun, wind and biogas, rather than oil or coal);

(2) a preference for resource-and energy-saving, rather than resource-and energy-intensive, technologies;

(3) a preference for technologies which produce goods that can be re-cycled and re-used, rather than used once and thrown away, and that are designed for durability, rather than obsolescence;

(4) a preference for production technologies based on raw materials which are replenishable (e.g., wood and cotton), rather than exhaustible (e.g., steel or petroleum-based synthetic fibres);

(5) a preference for technologies of production and consumption which inherently minimise noxious or dangerous emissions and wastes, rather than those which require 'fixes' to curb their intrinsically polluting tendencies;

(6) a preference for technologies of production and consumption which incorporate waste minimization and utilization procedures as integral components, rather than those which require them as appendages;

(7) a preference for technologies which blend into natural ecosystems by causing them minimal disturbance, rather than those which threaten the biosphere with major perturbations.

Since every preference implies a criterion and, indeed, can be rephrased as a criterion, the above list of preferences are in fact a set of criteria for the choice of environmentally sound and appropriate technologies. For example, the "preference for the technologies of goods and services relevant to mass consumption, rather than to individual luxuries" can be stated as the criterion: "Does the technology produce goods and services which are within the means of the masses?". Or, the "preference for energy-production technologies based on renewable, rather than depletable, energy sources" can be transformed into the criterion: "Is the energy production technology based on renewable energy sources?".

An obvious short-coming of a set of criteria as large as the one presented above is that it is likely to inundate—and perhaps confuse—even the makers of policies and decisions, let alone laymen. Further, after a choice of technology has been made, it will not be easy to detect whether one or more criteria have been omitted, deleted, suppressed or ignored. On the other hand, the large set has rightly elaborated upon and made explicit the crucial economic, social and environmental dimensions of development. The conclusion is that a list of explicit criteria is vital for selecting technology, but the list must be much shorter, more manageable and less complex.

Of course, the other extreme is a very short list which can be generated naturally from the development objectives:

(1) does the technology advance the satisfaction of basic human needs, starting with the needs of the neediest; and does it reduce inequalities between and within countries?

(2) does the technology promote endogenous self-reliance through an increase of social participation and control?

(3) does the technology increase harmony with the environment?

This list is obviously far too brief to facilitate detailed interpretation and unambiguous use.

What is required, therefore, is a short list with some number of criteria in between three and twenty nine. It should be neither too brief and vague, nor too long and cumbersome. The list should be compact, and preferably presentable on a single page. One such list is presented here.

CRITERIA FOR THE SELECTION OF TECHNOLOGY

(1) SATISFACTION OF BASIC NEEDS

(a) does the technology contribute, directly or indirectly, immediately or in the near future, to the satisfaction of basic needs such as food, clothing, shelter, health, education, etc.?

(b) does it produce goods and/or services accesible particularly to those whose basic needs have been least satisfied?

(2) RESOURCE DEVELOPMENT

(a) does it make optimal use of local factors (manpower, capital, natural resources, etc.) by

(i) sustaining/generating employment;

(ii) saving/generating capital;

(iii) saving/generating raw materials, including energy;

(iv) developing skills and R & D and engineering capabilities?

(b) does it increase the capacity to produce on a sustained, cumulative basis?

(3) SOCIETAL DEVELOPMENT

(a) does it reduce debilitating dependence and promote self-reliance based on mass participation at the local/national/regional levels, enabling the society to follow its own path of development?

(b) does it reduce inequalities? between occupational, ethnic, sex and age groups? between rural and urban communities? and between (groups of) countries?

(4) CULTURAL DEVELOPMENT

(a) does it make use of and build on endogenous technical traditions?

(b) does it blend with/enhance valuable elements and patterns in the local/national/regional culture?

(5) HUMAN DEVELOPMENT

(a) does it lead to creative mass involvement by being accessible, comprehensible and flexible?

(b) does it liberate human beings from boring, degrading excessively heavy or dirty work?

(6) ENVIRONMENTAL DEVELOPMENT

(a) does it minimize depletion and pollution by using renewable resources, through built-in waste minimization, recycling and/or re-use and blending better with existing eco-cycles?

(b) does it improve the natural and man-made environment by providing for a higher level of complexity and diversity of the eco-systems,

The list of six criteria (each in turn being subdivided into two, making in all twelve) may well be the first of its kind, but it is certainly not proposed with any aura of finality. In fact, it is in the nature of such lists that they generate more controversy than consensus, but that is as should be, for it is by a process of contention and testing that their revision and refinement will take place.

The tentative list proposed here is based on a condensation of the long lists found on pages 38–41 and on an elaboration of the basic development criteria described on page 42. The list covers economic, social and environmental criteria. No attempt will be made in this report to provide a detailed justification for the criteria, because they are based on the conceptual framework for environmentally sound and appropriate technology, dealt with earlier in the text. Hence only a brief description of the list is provided below.

The first criterion relates to *the satisfaction of basic needs*, of which the most important are food, clothing, shelter, health, education and transport/communication. This criterion compels a scrutiny of the products and/or services that emerge from the technology.

There is no objective justification for any particular set of products and/or services, but if the normative goal of development (as defined on page 26) is accepted, then several conclusions follow.

(1) The simple development=growth equation becomes valid only after ensuring that the pattern and content of growth corresponds to increasing satisfaction of basic needs, with maximum emphasis on the needs of the neediest. Similarly, the development=production equation is justified only after confirming that the goods and/or services that are produced are accessible to those whose needs have been least satisfied.

(2) Though a vast number of technologies do not satisfy basic needs directly (e.g., energy production technologies), they can do so indirectly if their outputs (e.g. energy) can become the inputs for technologies which directly satisfy basic needs. Whether this indirect contribution to basic needs is the case or not, is the question which emerges from the first criterion.

(3) The existence of technologies (e.g. iron and steel) which lead indirectly to the satisfaction of basic needs implies that the time horizon must stretch beyond the immediate present. In other words, many technologies imply a postponed satisfaction of basic needs. It is obvious, however, that if the time horizon stretches indefinitely and the postponement is *sine die*, then the failure to fulfil basic needs is bound to prevent several other criteria on the list from being satisfied. The failure will increase inequalities, for instance, or diminish creative involvement on a mass basis, or degrade the environment (see page 44). The conclusion

is that the deferment in meeting basic needs must not extend beyond the near future.

(4) Finally, the basic needs criterion implies a categorical rejection of the current practice, in countries with highly skewed income distributions, of gearing technologies to the demands of those groups with purchasing power and to ignore such needs of the under-priviledged as cannot be backed up with this purchasing power.

The utilization and development of local resources is the essence of the second criterion. The term "resources", which is intended to cover the usual economic factors of labour, capital, natural resources and land, has been deliberately chosen to emphasise that manpower too is a resource which must be utilized and developed. Within the scope of this criterion fall the usual concerns about using capital-saving, employment-generating technologies in countries with shortages of capital and abundance of manpower. But, the criterion used here is more general from several points of view.

(1) The criterion seeks to determine whether the technology makes use of all local resources including raw materials, energy and skills, as well as capital and labour.

(2) It probes into whether these resources are being developed, as distinct from being used. This aspect is particularly important for manpower (skill development) and natural resources. It is this development of resources which decides whether the capacity to produce on a sustained, cumulative basis is increasing or decreasing.

(3) The question of whether the mix of resources being used is optimum must also be scrutinized. Since different local/national/regional environments may require different resource mixes, a mix is perfect for one particular environment may become less than perfect when transferred to other (and perhaps radically different) environments. The usual example cited for such an erosion in the optimum features of technologies of is that of capital-intensive, labour-saving technologies generated in capital-rich, labour-short developed countries being transferred to capital-starved manpower-rich developing countries.

The third criterion concerns *societal development* and explores two categories of relationships displayed by a society:

a) *external* relationships between the particular society under consideration and external societies with which it is in interaction; and
b) *internal* relationships between sub-societies or groups within the society.

With regard to external relationships, the criterion seeks to determine whether the technology strengthens the society's capacity (vis-a-vis external societies) to determine and to follow its own path of development.

This capacity is decided by the extent to which the society is self-reliant and to which its relationships with external societies do not involve a debilitating dependence. Self-reliance in turn is measured by autonomy, and by the extent to which people participate in and control the decisions which affect their lives. Of course, the possibility of mass participation in and control of decisions depends upon the size of the autonomous group, but emphasis should be placed on increasing mass participation and control. Thus, the criterion requires an examination of whether the technology promotes self-reliance by increasing mass participation in decisions and control over them.

In the matter of internal relationships between the constituent sub-societies of the society, the criterion is directed towards ascertaining whether the technology tends to reduce inequalities between the sub-societies. In particular, does the technology promote equality between occupational, ethnic, sex and age groups? between rural and urban communities? between (groups of) countries?

This concern with inequalities stems from the 'state of affairs' *between* countries, leading to the demand for a New International Economic Order, and *within* countries, leading to a plea for Development.

The fourth criterion concerns *the impact of the technology on the cultural fabric of society*. The technology is bound to bring about changes in culture, and it is the nature of these changes that deserves consideration.

For instance, what effect does the technology have on the endogenous technical traditions, i.e. the non-formalized knowledge and know-how (particularly in relation to the environment) which is invariably an acquisition of stable communities? Does the technology build upon these traditions; or does it ignore them so that they are eroded and gradually lost?

Again, it is important to determine whether the technology blends with and enhances, rather than disrupts and destroys, valuable elements in the local culture. For example, does the technology reinforce, rather than undermine, a custom which acts as a cohesive force in the society (e.g., shared labour or shared use of facilities)?

These concerns arise from a host of anthropological and sociological studies that document the cultural damage and chaos resulting from the uncritical import and introduction of technologies from alien settings.

The fifth criterion relates to *the impact of the technology on individual man*, who is considered as the focus of interest, but living in symbiosis with his fellow-men and his environment. The criterion demands an enquiry into whether the technology leads to human enrichment.

Creative involvement in social activities, be they of a physical, artistic or intellectual nature, is essential to the spiritual well-being of man, and

should, in fact, be considered a basic human need (albeit a non-material one). So, the question is, does the technology facilitate and promote this creative social involvement, and thereby enrich the individuals who become thus involved?

The criterion becomes especially significant in view of the importance of employment as a basic need. There should be a constant drive to make this employment meaningful. Hence, it is essential to ask whether the technology tends to liberate human beings from boring, degrading, excessively heavy or demeaning work.

These issues are related to the problem of the alienation of man from his fellow-men and from his work.

The sixth and final criterion involves *the preservation and development of the environment* and the impact of the technology on the environment. It is necessary to ask: does the technology (to use the words of an old song) "accentuate the positive . . . (and) eliminate the negative" . . . environmental impacts? It is not merely a matter of technological "fixes" which minimize pollution and resource depletion through anti-pollution and recycling measures. The technology should be inherently designed to blend with natural eco-cycles and to miminize waste at all stages of production, distribution and consumption.

All this has to do with the protection and preservation of the environment, but the objective of improving and developing the natural and man-made environment is as important. This is particularly so because a definite tendency of modern technology is to reduce the complexity and diversity of eco-systems. But, simplicity in eco-systems often leads to vulnerability and breakdown of eco-cycles. For example, the reduction of complexity associated with mono-cropping systems increase their vulnerability to attack and failure. Hence, it is important to determine whether the technology under consideration is improving the environment by enhancing complexity and diversity and thereby reducing vulnerability.

It is obvious that there is a great deal of overlap in the list of six criteria described above. The criteria are not exclusive, and one criterion may involve another through close interaction. This is inevitable, because the economic, social and environmental aspects of development are inter-related and, in fact, components of a single process.

In so far as the process is the reality, and its resolution into components an analytical device, the criteria must be considered together as an integral set. Thus, the strong coupling between criteria necessarily requires a holistic, rather than piece-meal or sectoral, approach to the choice of environmentally sound and appropriate technology.

Such a holistic set of criteria—of the type described above—has not

but one cannot ignore the fact that excessive specialization and professionalization have led to such divergent approaches of the economic, social and environmental disciplines that a common language for transdisciplinary discussions is difficult to maintain. Yet, it is precisely such an integrated approach that must be taken to the selection of technologies designed to serve development goals, because development itself is a unified process, albeit with economic, social and environmental facets. In other words, the economic, social and environmental categories of criteria must inter-lock and converge to promote development.

Hence, any methodology which excludes one or more criteria from explicit consideration must be viewed as *ipso facto* misleading, however rigorous it may appear. In particular, this statement refers to methodologies which only confine themselves to the quantifiable criteria because some of the criteria, e.g., those relating to self-reliance or human enrichment, may be inherently non-quantifiable.

The six criteria constitute an extremely demanding and exacting list. Hence, an obvious objection to the list is that few technologies will satisfy all criteria, making the whole travail a worthless exercise. Such an objection is indeed tenable if the criteria are interpreted in a passive, static manner, in which selection is made from a set of existing technologies, and the issue is then closed. But, the objection subsides if the criteria are used in a dynamic perspective as a heuristic device leading to the generation of new technologies. Thus, at any one time, few technologies may satisfy all the criteria, and there may always be scope for improving them even if they do. But the testing of technologies against the criteria will reveal reasonably clear guidelines for innovation and modification. From this standpoint, the list of criteria is a long-hoped-for yardstick for innovations of environmentally sound and appropriate technology.

The obvious implication of the above discussion is that until the new or modified technologies make their appearance, the best has to be made of the "bad bargain" of existing technologies. This can be done by weighing the criteria and settling for trade-offs amongst them. There should be little objection to such choices based on weights and trade-offs as long as all the criteria are explicitly and seriously considered and the processes of weighing and trading-off clearly revealed. But perhaps what is of greater importance is that efforts should be made to generate new technologies that allow all criteria, or a greater number of them, to be satisfied at the same time and that lessen the extent of trade-offs. In fact, since most choices of technology imply trade-offs between criteria and since most currently available technologies have been developed without reckoning with a set of criteria of the type proposed here, it is likely that

than to the choice between existing ones. Thus, the selection and generation of technologies constitute a dialectical unity, either one implying the presence of the other and being meaningless in the absence of the other. In particular, the selection of technologies has little meaning unless set in the context of the generation of technologies.

To state the issue differently, it is almost certain that, from the standpoint of the list of criteria proposed here, few current technologies are perfectly environmentally sound and appropriate. It is only a matter of some technologies being more environmentally sound and appropriate than others. But, the revelation of the gap between the ideal and the actual provides the motivation for attempting to narrow the gap, i.e., for increasing the environmental soundness and appropriateness of technologies. In so far as the list of criteria has revealed both the goal of environmental soundness and appropriateness as well as how far away from the goal current technologies are, the list may be viewed as a distinct step forward.

5. Constraints on the technology selection process

Before turning to the methodology of using the list of criteria for the selection of environmentally sound and appropriate technology, the autonomy of the selection process merits discussion.

A consideration of production technologies cannot take place without *a priori* specification of the product or service. The point is that basic human needs are few in number and there is no sanctity, except native custom or foreign influence, in any particular bundle of goods and services that can fulfil these needs. For example, an element of sweetness may be necessary in the human diet. In all developed countries, and in the cities of most developing countries, crystallized white sugar is produced to satisfy this need. But this is only one way, among many, of providing sweetness to the diet—other ways include jaggery, berries, artificial sweeteners, etc. Hence, the sweetening agent must be decided upon before a selection can be made of a technology for producing it.

The distinction between product specification and selection of production technology generates an important question: is the product specification within the scope of the technology selection process, or is it externally imposed? The answer, of course, depends upon the autonomy of the selection process.

In turn, this autonomy depends upon the particular level—local, subnational, national, regional—at which the technology selection takes place and the relationship between this level and the higher/lower level.

Two cases can be distinguished

In the first case, the level at which technology selection is being made is in a position to determine the product. Here, the product specification is part of, and internal to, the technology selection process which, therefore, enjoys autonomy in this matter.

In the second case, technology selection is done at one level, e.g. the local level, but specification of the product is determined by a higher level, e.g., the national level. Here, the technology selection process is not autonomous in the matter of product specification, and the latter is imposed as an external constraint on the process.

Depending, therefore, on the extent of autonomy with regard to product specification, the selection process can be either free or externally constrained.

A similar situation can obtain with respect to the growth rate for products and services, i.e., the rate at which the production output is

expected to change over the years. This growth rate has an important bearing on the selection of production technology and, therefore, the crucial question is whether the technology selection process enjoys the autonomy to decide the growth rate, or whether the latter is fixed as an external constraint at a different level.

The category of externally decided constraints which affects the technology selection process must also include certain macro-decisions regarding production technology. For example, there may be national decisions regarding the role of centralized, large-scale industries, and these decisions may circumscribe and limit the autonomy of the technology selection process at lower levels.

THE TECHNOLOGY-PROFILE APPROACH FOR SELECTION

Once there is an understanding of the extent of autonomy of the technology selection process, and in particular, an identification and definition of the externally imposed constraints (viz., product specification, growth rate, role of centralized production), the selection process can be undertaken.

Assessment of technologies vis-a-vis criteria: Since development is a process which depends upon an integration of economic, social and environmental activities, the selection of technologies to advance development objectives must be based on an integrated use of economic, social and environmental categories of criteria. The exclusion of any one or two categories of criteria may well lead to a choice of technology, but such a selection is only likely to distort the development process because crucial aspects of this process are ignored.

All this means that the technologies contending for selection must be assessed against a total set of criteria of the type set down on page 44.

Sequential selection of technologies: One possible approach to this assessment is to take the whole set of candidate technologies, to pass them through what may be called "decision filters", each filter based upon one criterion, and to eliminate at each stage those technologies which fail to survive the criterion.

Unfortunately, such a *sequential* elimination of technologies suffers from a number of drawbacks. Firstly, the criteria are such that they do not permit a sharp pass/fail judgement; the result of the test is often unclear, making the elimination process very difficult and awkward. Secondly, a particular technology may only get rejected because of, for example, the second criterion in the sequence, even though from a total point of view it may be more environmentally sound and appropriate than a technology which barely scrapes through all filters. Thirdly, the sequencing of criteria encourages the decomposition of the total view represented

viewpoints. The situation can be caricatured by imagining that the responsibility of wielding different criteria is allocated to different agencies, —different ministries for example. Finally, the sequencing of criteria confers a great deal of significance to the particular order in which the criteria are arranged. A different arrangement may lead to the selection of a different technology. The way to guard against this possibility of non-commutativity of decision filters, i.e., different arrangements giving different results, is to finalise the selection of technology only after trying out all possible sequences. But the larger the number of criteria, the larger the number of possible arrangements, e.g., 720 possible arrangements with 6 criteria.

The technology profile approach: Not only does the last-mentioned criticism of a sequential use of criteria indicate a ridiculous situation, it also suggests an alternative approach. Instead of assessing all technologies against criteria taken one at a time, the alternative approach involves using all criteria against technologies taken one at a time. That is, instead of a sequential decision-making on technologies, the alternative is to postpone the decision of selection until each technology in turn is scrutinized with the aid of the entire set of criteria. Such a scrutiny will result in an assessment or profile for each technology with regard to the extent of its environmental soundness and appropriateness. Only when the profiles of all the contending technologies have been made and compared with each other, can the process of selection proceed further.

The construction of technology profiles: Attention must now be turned to the construction of technology profiles for the selection of environmentally sound and appropriate technologies.

At the outset, it is clear that some criteria, especially the economic ones, can yield quantitative answers, whereas others are difficult to quantify or have not yet been quantified. In fact, some of these other criteria, for example the social ones, may be inherently non-quantifiable. However, even in the case of a criterion that does not generate quantitative answers, it is almost always possible to judge whether the technology under scrutiny can be rated qualitatively as "satisfactory", "ambiguous" or "unsatisfactory", from the standpoint of the particular criterion. Thus, every criterion in the list can be made to yield either a quantitative or qualitative judgement.

Further, the whole list of criteria will generate, for each contending technology, a profile consisting of a set of as many component judgements as there are criteria.

There may be various ways of presenting such profiles and sets of judgements, but a simple method involves a bar-chart display.

Figure 3: Technology profiles bar-chart

TECHNOLOGY	CRITERIA											
	1		2		3		4		5		6	
1	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
	G	G	y_{11} x_{1n}	y_{11} y_{1n}	O	N1	R	R	O	O	G	R

G=Green O=Orange R=Red N1=See Notes 1

In such a display, the profile for a particular technology is represented by the whole bar, which can be divided into segments, with one segment for each criterion or sub-criterion. Also, the segments can be numbered in the same way as the criteria are numbered in the list proposed for the selection of technology. Further, the rating of the technology with reference to each criterion can be indicated within its corresponding segment. This indication can be shown either with numerical information, (or references to appended notes) if the segment corresponds to a quantitative criterion, or with a simple colour code—for example, green for "satisfactory", orange for "ambiguous", and red for unsatisfactory"—if the segment represents a criterion which only permits qualitative judgements on the technology.

In so far as some criterion permit quantitative judgements, and others only qualitative ones, it follows that the profile for a technology will inevitably consist of a mix of quantitative and qualitative components, and the corresponding bar-chart representation will have numbers in some segments, and colours in others.

Profiles involving such mixes of quantitative and qualitative components are unavoidable. Or rather, mixes can be avoided today only by suppressing those criteria, e.g. the self-reliance one, that do not yield quantitative answers. But, a bias of this type against non-quantitative criteria will only lead—as already stressed—to the selection of technologies which distort development objectives because they eliminate some of its vital dimensions.

On the other hand, however unconventional they may be, profiles of the mixed type described above have an outstanding virtue—they always include judgements with respect to all criteria. This advantage of totality of view is a recompense for the qualitativeness of some aspects of the composite view. Further, by stimulating a holistic assessment of each technology, these profiles prevent rigorous quantitative judgements on a few criteria from blinding the assessor to the fact that other criteria have been completely ignored. In the bar-chart representation, judgements are indicated (either with numbers or colours) in all the segments, so that if

any criteria are ignored, the corresponding segments will remain *blank*, and therefore, attract instant attention. Also, these empty segments will immediately reveal the incompleteness of what would otherwise appear as a highly sophisticated and rigorous assessment of the technology.

The question of quantification and quantifiability: Because qualitative judgements must not be given a lower standing in the technology profile than quantitative ones, it must not be concluded that the attempt to quantify can be either abandoned or downgraded. Whatever can be quantified, must be quantified; and whatever quantification can be done more precisely and rigorously, must be done more precisely and rigorously. In other words, there must be a continuous drive to replace colours with numbers in the bar-chart representation for a technology profile.

An important step in quantifying the judgement of any technology is to measure, wherever possible, the physical transformation of inputs into outputs. Such measurements are very significant, because the input-output relationships indicate the impact of the technology. Hence, an accurate knowledge of these transformation relationships constitutes an invaluable element of the technology selection process.

A number of techniques exist for manipulating these measurements towards an assessment of technologies, and among them are cost-benefit analysis and linear or parametric programming. Of these techniques, cost-benefit analysis is the most widely used quantitative technique. It has a positive role to play in technology selection, and therefore, merits a brief discussion even though it is only one among many techniques which can be used to set out the basic measurable parameters.

In essence, all decisions are based on the weighing of benefits (material and/or non-material) against costs. Further, in all cases, the concept of time-preference is involved, since the distribution of these costs and benefits over time will have some bearing on the decision. Also relevant to the decision are the questions of risk and uncertainty. Cost-benefit analysis is designed to reflect all these elements, viz., costs and benefits, time-preferences, and risks and uncertainties.

However, there are a number of problems associated with the use of this technique.

The first is that of the so-called *externalities*. These may be economic (e.g., the impact of a large project on local wage rates), social (e.g., the displacement of a community in the construction of a dam) or environmental (e.g. pollution of rivers), i.e., externalities as seen from the viewpoint of a particular project, plant or enterprise. From the point of view of society, however, these impacts are no less "internalities" than various factors such as, labour productivity, which are deemed "internalities"

by the project, plant or enterprise. To include all these impacts in the reckoning, it is necessary to use social cost-benefit analysis, which attempts to cope with these externalities by the use of shadow prices. But, these shadow prices are only approximations and/or proxies, and often lend themselves to such arbitrariness that the cost-benefit analyst can produce whatever result his sponsor or patron (usually the politician) wants, or that his own social conditioning and/or vested interests bias him towards.

This suggests the second limitation of cost-benefit analysis, viz., it is so attracted by numbers in trying to reach the mirage of quantitative results that it tends to exclude from the analysis all or most non-quantifiable factors (such as the loss of communal solidarity when the population displaced by a dam is moved to a new environment), even though these latter factors may be as relevant to development than the quantifiable factors.

A third limitation of the technique is that it requires a decision with regard to how far the net of analysis is to be spread. Second-round effects may be considered, but are third-round effects to be considered, if, in fact, they can be identified?

Fourthly, there are the very real problems of risk and uncertainty. There may be some uncertainty with regard to the effect of a particular project on the environment, or there is a risk that the expected outcome may not occur in the predicted way. Both of these factors undermine the precision of cost benefit analysis.

Fifthly, there is the very real danger that the technique can be manipulated in such a way as to be used to rationalise decisions reached for other reasons.

Finally, a very important drawback of cost-benefit analysis is that it assumes that unlike things (such as apples and oranges) can be compared with a constant unit of measurement, and that equal differences on the scale of cardinal measurement have the same significance, e.g., the difference between ten and eight has the same significance as the difference between four and two.

The level at which such an analysis is undertaken is also of great importance, since by its nature it is much more suitable to micro—than to macro-problems. Further, it is possible to undertake an analysis with data of a very 'soft', or a very 'hard' nature, and this will determine the degree of trust to be placed in the analysis. Both of these aspects follow from decisions made before cost-benefit analysis is undertaken.

Notwithstanding these limitations of cost-benefit analysis, it has an important role in quantifying the judgements with respect to some of the criteria relevant to the selection of technology. The important thing is that the technique should be used in an unjaundiced *ex-ante* framework,

rather than as an *ex-post* rationalizing, where spurious quantification is undertaken in order to justify a decision taken on other grounds. There are two other main advantages to be derived from the use of cost-benefit analysis. The first is that it forces the systematic quantitative consideration of a number of criteria, and the second is that the technique serves as a heuristic device with regard to quantification of other as-yet-unquantified criteria.

The above discussion shows that the constant drive for quantification of judgements, for example, using cost-benefit analysis, though absolutely essential and imperative, must be tempered with a clear appreciation of its current drawbacks and limits. However, there is a time element here. Today, the profiles for technologies may necessarily consist of mixes of quantitative and qualitative judgements; but future innovations in analysis may well confer a quantitative character on judgements which are now perforce qualitative.

Comparison of technology profiles: Once profiles are built up for all the various contending technologies, the next step is to compare these profiles in order to make a selection of the most environmentally sound and appropriate technology. The comparison is facilitated by the bar-chart representation. What is required is an arrangement of the representations of the profiles of all the contending technologies, so that the juxtaposition highlights the differences between the technologies as differences in either magnitudes of numbers (in the case of quantitative criteria) or colours (in the case of non-quantifiable criteria). It is these differences which must provide the basis for the selection of the most environmentally sound and appropriate technology.

The simplest, but rather unlikely, situation involves a technology which is superior to the others on all counts. Here, selection is a straightforward matter. Slightly more complicated is a *ceteris paribus* (other things being equal) situation in which the contending technologies differ only with respect to one criterion, but are otherwise equally environmentally sound and appropriate. In such situations, the deeper the analysis with respect to the particular criterion that generates differences, the easier the selection procedure. And when the criterion permits quantitative differences, the situation is particularly suitable for cost-benefit analysis.

The problem of weighing criteria and making trade-offs: The real problem, however, arises when contending technologies differ with respect to two or more dissimilar criteria, but are otherwise just as environmentally sound and appropriate. For example, one technology may have a higher capital-output ratio, but the other stimulates much more self-reliance; or one

leads to greater human enrichment, but the other is not only less polluting but also less depleting with regard to resources.

The essence of these very common situations is the necessity of choosing between impacts which cannot be compared. In other words, the process of selection cannot avoid assigning weights to each criterion and making trade-offs. In terms of the bar-chart representation for technology profiles, the weight assigned to a particular criterion can be indicated by the length of the corresponding segment. Since, however, numerical weights cannot be assigned to non-quantitative criteria, little significance must be attached to the precise length of segments, though some idea of the relative weights may be given by the relative lengths of segments.

There may, in fact, be a subjective element in the relative weighting of criteria, but there should be no objection to such trade-offs as long as all the criteria are given explicit and serious consideration. There is a very important qualitative difference between, for example, completely ignoring the extent to which a technology facilitates self-reliance, and taking the contribution to self-reliance into account, but giving it low weight—or giving it a high weight, but explicitly stating that the technology does not satisfy the self-reliance criterion. In the former case, the decision-making agenda does not even include the self-reliance item; in the latter case, it is on the agenda and compels attention, even though it may be given little emphasis in eventual trade-offs.

At the other extreme, there is room for making a particular criterion, e.g., employment generation, an absolute condition for selection in the sense that if it is not satisfied, the technologies under scrutiny are rejected. But, even here, the total profile for every contending technology must be considered and its other virtues noted.

The context and standpoint in decision-making: The weights attached to the various criteria, and therefore, to the corresponding judgements in the technology profiles, are bound to vary with the historical, geographical, economic, social and environmental context, i.e., with where and when the technology selection is being made. In addition, the weights given to the criteria, i.e., to the numbers and colours in the bar-chart representation of technology profiles, depend very much upon the individuals and groups who are involved in the assessment. Thus, a community which is displaced by a large dam may attach a totally different weight to the effect of a resettlement technology on their culture, i.e., to the cultural criterion, than a group of human settlements experts in a remote capital to whom the economic criteria, e.g., the costs of technology, are the crux of the technology selection issue. As stressed earlier, it is inevitable that different criteria are emphasised differently and that trade-offs are made, but what

is essential is that the emphases and trade-offs are explicit and open.

Social participation in technology selection: Even this explicitness and openness does not guarantee that the most environmentally sound and appropriate technology has been selected, for that is a matter that only the future can judge. But, the probability of a "correct" decision may be enhanced by ensuring the participation, in the selection process, of those directly involved in the implementation of the selected technology and of those who will be affected by its implementation. Even if this increase in probability is not achieved, the widening of participation in technology selection, particularly by the procedure of constructing, comparing and assessing technology profiles, will certainly increase the extent of economic, social and environmental consciousness. This is likely not only among policy-makers, but also among scientists, engineers, technicians, and above all, the population at large. Technological consciousness is bound to become more broad-based and generate demands not only on those who select technologies but also those who develop them, making these two groups more accountable in terms of the criteria discussed here.

The iterative process of technology selection: The comparison and assessment of technology profiles is not a "one-shot, once and for all" process. It must be dynamic in three ways.

Firstly, the selection that is made at any juncture must be viewed as tentative, rather than final. It should be considered as the "best" understanding of the possible effects of various contending technologies, rather than as the "correct" understanding. In that sense, technology selection is part of a social process involving technology-induced change. As the results of social change manifest themselves, they can be gauged from the standpoint of development objectives. This information can then be used to modify the technology profiles, particularly the profile of the technology which was selected. The point is that information on the actual effects of an implemented technology will reveal far more clearly (than theoretical expectations) how environmentally sound and appropriate it is. If, therefore, the technology selection process is repeated, with actual, rather than expected, technology profiles, it is likely that a more realistic or assured selection can be made.

Secondly, it has been stressed that the selection of technology is a heuristic device for the generation of new and/or modified technologies. This means that technology profiles will alter as a result of changes in the contending technologies. Not only the numbers corresponding to quantitative criteria, but also the colours corresponding to qualitative criteria, undergo transformations as a result of research and development. The well-known example is that of technologies with malignant environ-

mental effects being made benign by inputs of science and engineering—in the bar-chart representation of the profiles for these technologies, erstwhile reds can become orange or even green. The implication is that the results of the comparison of technologies will change because of R&D-induced changes in profiles.

Thirdly, the list of criteria proposed here are certainly not the last word. As experience with technology selection grows, and as understanding of the interplay of economic, social and environmental factors increases, it is inevitable that the list of criteria will be refined and improved. As a consequence of changes in criteria, the profiles which have been generated by these criteria will also undergo changes, necessitating new comparisons of contending technologies and fresh selections.

Thus, the selection of environmentally sound and appropriate technologies must be an *iterative* process, with the iteration being compelled by:

a) improved information on the effects of implemented technologies, and/or

b) the continuous influx of new or modified technologies into the arena of selection, and/or

c) the refinement and improvement of the criteria for selection.

Problems of iteration: The iteration sequence can be as follows: tentative selection of technology implementation of selected technology in society study of impacts of technology improved criteria and/or technologies and/or information on impacts better selection of technology. . . .

Real-time iteration may well be more acceptable, but it is associated with several problems:

a) technologies have a gestation time before they reach full effectiveness, and the larger the scale of technology, the larger the gestation time, which means that real-time iteration may be an agonizingly long process;

b) technologies have a momentum of their own because of the capital investments made in them. The larger these investments, the more painful and unlikely the process of withdrawing technologies, however environmentally unsound and inappropriate they may prove to be, and the stronger the tendency to live with technological "frankensteins";

c) some impacts of technology require such long times to manifest themselves—e.g., environmental impacts may take decades—that, unless ingenious techniques of monitoring incipient trends are devised, it would be too late and futile to wait for real-time manifestations before taking corrective action;

d) if the pace of technological advance is faster than the pace of the iterative selection process, then real-time iteration becomes virtually endless.

If, on the other hand, the iterative selection of technologies is done on simulated models of the society, then the validity of selection depends wholly on the validity of the model. It is a moot point whether the state-of-the-art in model building justifies confidence in such an approach. There is, however, a possibility that a simulation approach to technology selection can be combined with real-time testing of short-gestation, low-momentum, small-scale technologies, but this may lead to built-in biases against large scale technologies.

Trade-offs and the mix of technologies: The economic, social and environmental criteria are so diverse and stringent that—as stated earlier—few technologies are likely to meet all the criteria.

Further, the criteria relating to local self-reliance, human enrichment and cultural compatibility are likely to be best satisfied by technologies associated with relatively small-scale industries and restricted production-distribution-consumption economic cycles. At the same time, these technologies are also likely to satisfy the environmental criteria.

On the other hand, many of the economic criteria will possibly be best met by the technologies associated with large-scale industries ("economies of scale") and extended production-distribution-consumption economic cycles operating at national, regional or even global levels.

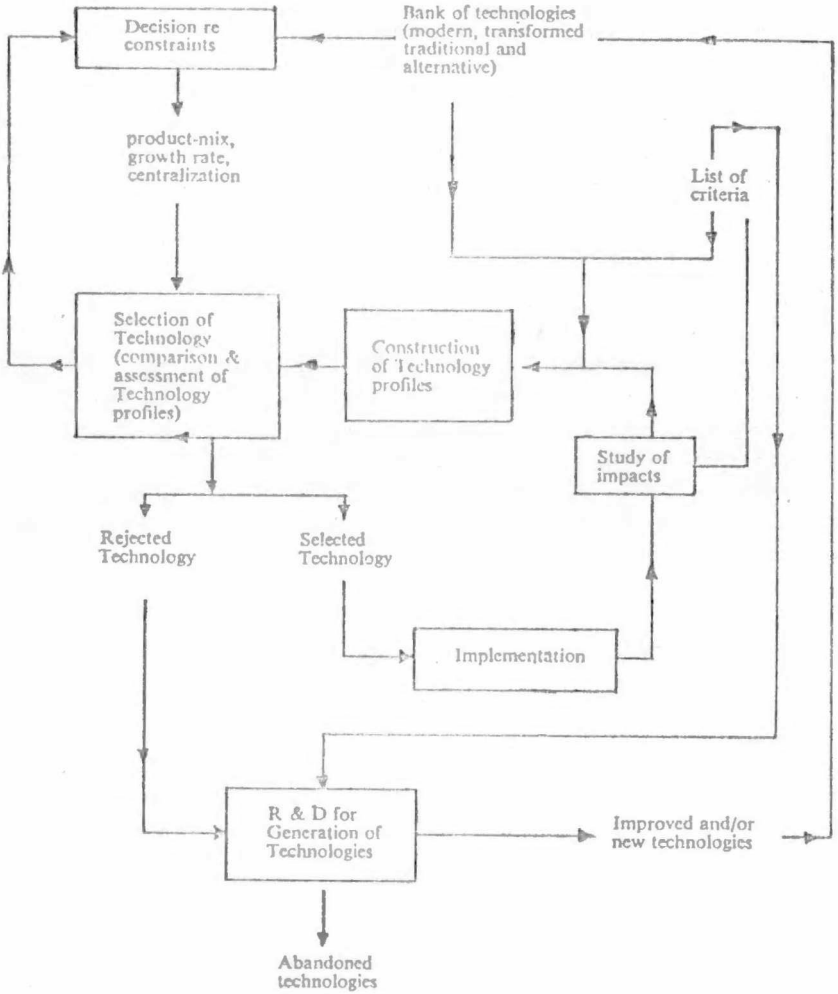
With this perspective, it is clear that constraints imposed externally on the selection process (e.g. of growth rates) and trade-offs between criteria will automatically result in a mix of large-scale and small-scale technologies. But, the mix itself may be more rational and optimal than that arrived at without the development-oriented criteria proposed here.

Further, the dialectical link between the selection and generation of technologies should lead, in some countries, to the strengthening of small-scale technologies for the local level, and in others, to an improvement of large-scale technologies for national, regional or global levels.

What is excluded is any naive wholesale rejection of large-scale modern technologies or total acceptance of small-scale traditional technologies. The criteria, and therefore the technology profiles, are not only an elimination mechanism; they are also a constructive device for modifying and improving the "modern" technologies of the developed countries and the traditional technologies of developing countries, as well as for generating new technologies.

In this process, it will not be sufficient only to examine the technology with its hardware and software components; in addition, the total social structure and process which incorporates this technology will also need scrutiny. In this sense too, the selection of technology is part of the wider

Figure 4. Methodology of Selection of Environmentally Sound and Appropriate Technologies



6. Methodology of selection of environmentally sound and appropriate technologies

Structure of methodology: Several elements of the methodology of selection of environmentally sound and appropriate technologies have been discussed in the preceding sections. In particular, consideration has been given to the constraints on the selection process, the set of economic, social and environmental criteria, the dialectical link between the selection and generation of technologies, the construction and comparison of technology profiles, the trade-offs between criteria and the iterative character of technology selection.

The inter-relationship between these elements can be displayed in a diagram (Figure 4) which also reveals the organization of the elements and the structure of the selection methodology. The diagram has been drawn for the case where the decisions on constraints (such as product-mix, growth rate and centralization) are made outside the technology selection process. If, however, such divisions are within the scope of the selection process, the diagram must be amended so that the decision-making on constraints and the selection are within the same activity box.

Feed-back loops: Though the methodology diagram is self-explanatory and in fact summarizes in pictorial form the discussion of chapter 5 the feed-back loops in the methodology need some attention.

One feed-back loop links the bank of available technologies to the decision-making on the constraints to be imposed on the selection process. The basis for this link is that informed decisions on product-mix, growth rate and centralization can be made only with a full knowledge of available technologies. For instance, a decision on the product-mix for sweeteners (jaggery or crystallized white sugar) must involve an awareness of the range of technologies available for all the various sweetener products. In fact, this awareness may be far more important than an understanding of the different technologies for a particular sweetener product, e.g., crystallized white sugar. All this means that information on these technologies must flow from the bank of technologies to the decision-making apparatus—hence, the feed-back loop.

Another feed-back loop connects the selection process back to the decision-making on constraints. The aim here is that the constraints must reckon with the selection process, so that the constraints may be realistic and catalytic. For instance, a constraint of centralization may be externally

imposed on the selection process in the belief that only centralized technologies meet objectives, but the selection process may reveal technologies which are adequately environmentally sound and appropriate despite the fact that they are small-scale decentralized technologies. Such information must obviously be fed back to the decision-making on constraints.

Some other feed back loops leading to revised technology profiles through modified criteria and/or technologies and/or information on technology impacts have already been described in chapter 5, and will therefore not be discussed again.

PROBLEMS WITH THE PROPOSED METHODOLOGY

The methodology proposed here for the selection of environmentally sound and appropriate technologies is substantially different from the methodologies currently in use. This very novelty may retard its acceptance. In addition, the delay may be extended for other reasons.

Firstly, even without intending to exaggerate the virtues of decentralized local technologies and the drawbacks of centralized technologies operating at higher levels, the thrust of the whole methodology is likely, in many countries, to strengthen the local level. Quite understandably and predictably, this thrust may be construed as a threat by groups with vested interests in the higher levels and in current systems of technology selection.

Among these groups are those engaged in centralized decision-making, management and resource control (including the control over capital), and also perhaps those who are involved in the generation of technologies. Scientists and engineers tend to be universalistic and to search for generalized solutions. Local quirks of needs, conditions and materials are difficult to tackle from far-off laboratories and workshops because they demand intimate field experience. Central administration tends to look for nationally operated systems of resource allocation and control and nationally standardized solutions. The power of such an administration derives from glossing over local peculiarities, and its limits are exposed when grappling with grass-roots problems. Professionals find that rewards, prestige and power increase in the same measure as the centralization of the decision-making. Finally, those who control and run profit-seeking enterprises tend to promote the expansion, integration (vertical and horizontal), and centralization of these enterprises.

There is considerable convergence and harmony of interests of all these groups, not only at the national, but also at the regional and global

Secondly, it may be argued that the current mode of technology selection has a momentum of its own and the costs of moving to a new system are too great to warrant such a transition. There is, it is stated, an ongoing system of technologies which is increasingly large-scale and centralized, and "the monster has to be fed"; otherwise, there will be a serious loss of output.

Thirdly, the constraint of time is frequently invoked to perpetuate current methodologies of decision-making and technology selection. There is no time, it is argued, to search for environmentally sound and appropriate technologies, and therefore it is best to adopt technologies used elsewhere. Sometimes, the time constraint is real, i.e., there is a genuine emergency such as flood, famine, drought or disaster. But, very often, the time constraint may only be imagined, i.e., the urgency is illusory; or it may even be contrived, i.e., decisions on technology are deliberately delayed to force a particular decision.

Fourthly, there is the question of imperfect information flow resulting in the selection process only looking at—or being allowed to look at—a restricted set of contending technologies. By the time the other possible technologies enter the arena of selection, there is a *fait accompli* type of situation in favour of current patterns of technologies.

Finally, there is the fact that some technologies cater to restricted constituencies, in the sense that they benefit preferentially certain sections in society. If, therefore, the selection is in favour of technologies which overwhelmingly benefit currently underprivileged groups, the groups in power may not always take kindly to this new distribution of the cake.

Notwithstanding these various problems, the methodology of technology selection proposed here has one important factor in its favour—it is an integral part of the development process. The criteria of environmental soundness and appropriateness have been specifically chosen for consistency with development objectives. Thus, the attempt to select environmentally sound and appropriate technologies is a crucial aspect of the drive for development within countries and for a New International Order between countries. Seen in this perspective, the obstacles facing the methodology of technology selection urged here are only a technological dimension of the obstacles which must be overcome to achieve development and a New International Economic Order. And to the extent that these national and international objectives are historical necessities, the new methodology of technology selection is inevitable.

No claim is made that this new methodology will be precisely of the form set out in this report. On the contrary, the methodology sketched

submitted for improvement, modification and refinement. It must be seen as a further step in UNEP's work on environmentally sound and appropriate technologies, which in turn is an expression of UNEP's commitment to the environment and to development.

Annex

The Governing Council of UNEP, at its third session, requested the Executive Director "... to initiate as soon as possible programme activities on environmentally sound and appropriate technologies".[1] This interest was reiterated at the fourth session[2].

Accordingly, the UNEP initiated an internal project on "Environmentally Sound and Appropriate Technologies" (FP/0402–75–02 (820)).

This project was planned to culminate in the establishment of a network of demonstration projects on these technologies. Since, however, the success of such programme activities depends largely on a clear understanding of the substantive issues underlying these activities, an effort was made to evolve a conceptual and methodological framework for environmentally sound and appropriate technologies.

In particular, attention was addressed to three issues:

(1) *the conceptual framework* for environmentally sound and appropriate technologies;

(2) the problems and methodology of *generation* of these technologies; and

(3) the criteria and methodology for *selection* of such technologies.

To facilitate the elaboration of the conceptual framework, an expert group meeting was convened from December 1–4, 1975, at Nairobi, and a detailed report[3] prepared on the basis of discussions at that meeting.

The methodology of generation of environmentally sound and appropriate technologies was treated in a paper[4] for the Working Meeting on "Human and Social Development" organized by the United Nations University from June 6–11, 1976, at Tokyo. In addition, the problems in generating such technologies were elaborated upon in a two-part paper[5] presented at the International Economic Association Conference on "Economic Choice of Technologies in Developing Countries", Teheran, September 18–23, 1976.

The criteria and methodology of selection of environmentally sound and appropriate technologies were considered at an Expert Group Meeting held in Nairobi from August 30 to September 3, 1976, and a report is based on the discussions at that meeting.

In so far as there was considerable overlap between the reports prepared on the basis of discussions at the two meetings, it was decided to integrate

ERNESTO COHEN
ROLANDO FRANCO

EVALUACION DE PROYECTOS SOCIALES

INSTITUTO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE
DE PLANIFICACION ECONOMICA Y SOCIAL
(ILPES/ONU)

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO SOCIAL
(CIDES/OEA)

GEL

GRUPO EDITOR LATINOAMERICANO
Colección ESTUDIOS POLÍTICOS Y SOCIALES

Capítulo IV

EVALUACION: CONCEPTO Y ESPECIFICIDAD

1. *La evaluación en la vida cotidiana*

Cuando detectan algún problema, las personas recogen información, a efectos de tomar decisiones que les permitan enfrentarlo de la mejor manera posible. De la misma manera, una vez realizadas las acciones que consideraron oportunas en su momento, suelen reflexionar sobre el acierto o el error en que incurrieron al actuar de la manera en que lo hicieron. De esta forma, están evaluando lo realizado y obtenido información que puede serles útil para ajustar su comportamiento futuro. Son evaluaciones que suelen estar teñidas de subjetividad y que se realizan, en la mayoría de los casos, con información incompleta y mediante una reflexión asistemática.

El tema sobre el cual se está hablando aquí mantiene muchas conexiones con lo descripto precedentemente, pero se le diferencia por cuanto enfatiza la objetividad, la información suficiente, y la utilización de métodos rigurosos para llegar a resultados válidos y confiables.

Con la *objetividad* se intenta captar lo que ha sucedido en la realidad, mediante procedimientos que eviten que la ideología, las ideas preconcebidas, incluso los intereses de quien realiza la evaluación, afecten el resultado del ejercicio.

La información debe ser *suficiente* y no necesariamente "completa". La pretensión de exhaustividad puede ser, en muchas ocasiones, inconveniente y, por tanto, evitada.

Es importante realizar un balance adecuado entre lo ideal y lo viable. Hay que considerar si la mayor exhaustividad de la evaluación realmente aumenta la eficiencia del proyecto. Así, se ha dicho que "un presupuesto limitado impone restricciones inevitables en materia de cuánto puede estudiarse y durante cuánto tiempo. Así, pues, los métodos evaluativos representan a menudo una transacción entre lo ideal y lo factible" (Weiss, 1982, 22).

La *validez* exige que los instrumentos que se utilizan para evaluar midan lo que se intenta realmente medir.

La *confiabilidad* tiene que ver con la calidad y estabilidad de la información y, consecuentemente, de los resultados obtenidos.

La calidad se refiere al grado de adecuación de la información en función de la utilización que se hará de ella. La estabilidad pretende que los resultados no varíen en caso de cambiar la persona del evaluador, o la manera en que se efectúa la evaluación, o el instrumental que se utiliza en ella. De esta manera, la calidad de la información es una condición necesaria, y la estabilidad, condición suficiente para la confiabilidad.

2. *Planificación y evaluación*

La evaluación no debe ser concebida como una actividad aislada y autosuficiente. Por el contrario, ella forma parte del proceso de planificación de la política pública en el área social, donde juega un rol fundamental para producir un adecuado sistema de retroalimentación, que permita elegir entre diversos proyectos, de acuerdo a su potencial eficacia y, asimismo, facilite el posterior análisis de los logros que se obtengan con las acciones previstas por los mismos, creando la posibilidad de rectificar y reorientar las acciones para poder alcanzar el fin postulado.

El Gráfico 1 muestra, de manera simplificada, la ubicación de la fase de evaluación en el proceso de planificación. En este sentido se ha dicho que "si planificar es introducir organización y racionalidad en la acción para el logro de determinadas metas y objetivos, la evaluación es una manera de verificar esa racionalidad, midiendo el cumplimiento —o perspectiva de cumplimiento— de los objetivos y metas previamente establecidos y la capacidad para alcanzarlos" (Ander-Egg, 1984, 20). El Gráfico 2 presenta un modelo de la retroalimentación que se produce entre las diferentes fases del proceso de planificación.

3. *Concepto de evaluación*

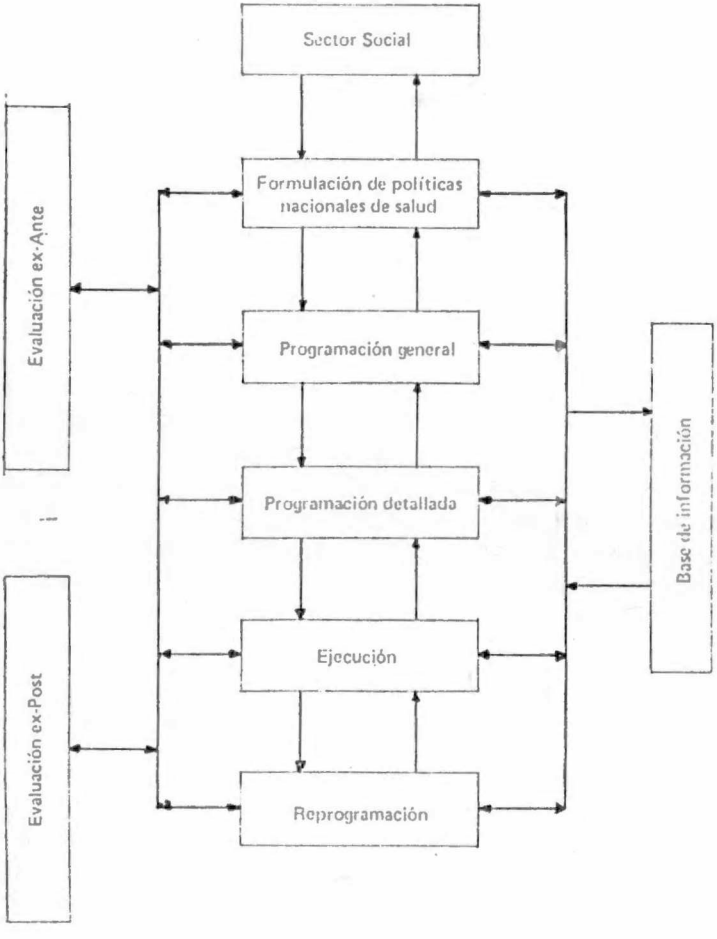
Hay diferentes modelos de evaluación, que derivan tanto del objeto a evaluar como de la formación académica de quienes realizan esa tarea. Sin embargo, lo constante es, por un lado, la pretensión de comparar un patrón de deseabilidad (imagen-objetivo hacia la cual está orientada la acción) con la realidad (lo que realmente sucedió como consecuencia de la actividad que se desplegó) y, por otro lado, la preocupación por alcanzar los objetivos planteados, cualesquiera sean, con eficacia.

"Evaluar es fijar el valor de una cosa; para hacerlo se requiere efectuar un procedimiento mediante el cual se compara aquello a evaluar respecto de un criterio o patrón determinado" (Franco, 1971, 3). Por ello, se ha definido a la evaluación como aquella rama de la ciencia que se ocupa del análisis de la eficiencia (Musto, 1975), que se puede realizar antes, durante o después de haber concluido el programa o proyecto.

Se ha dicho que el objeto de la investigación evaluativa es comparar los efectos de un programa con las metas que se propuso alcanzar, a fin de contribuir a la toma de decisiones subsiguiente acerca del mismo y para mejorar así la programación futura (Weiss, 1982, 16); o que la eva-

Gráfico 1

LA EVALUACION EN LA LOGICA DE LA PLANIFICACION SECTORIAL

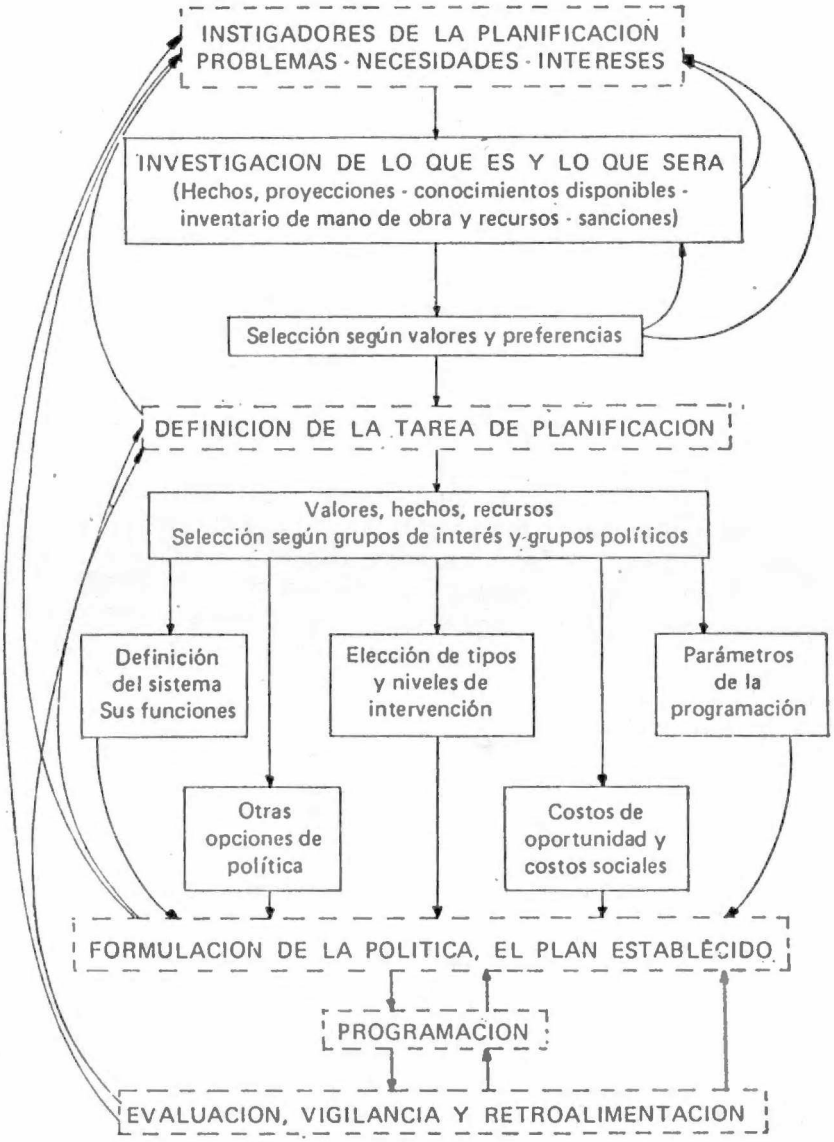


Nota: La evaluación ex-post incluye tanto la evaluación de procesos (o evaluación continua) como la de impactos. Esta última puede y debe ser llevada a cabo durante la ejecución del proyecto o después de su finalización (evaluación terminal).

La evaluación de procesos, de resultados y de impacto que se realiza mientras el proyecto está implementándose sirve para reprogramar la ejecución del mismo. La evaluación terminal, por su parte, tiene como propósito aprender de la experiencia y utilizarla para la formulación de proyectos semejantes.

Gráfico 2

EL CONCEPTO DE LA RETROALIMENTACION EN EL PROCESO DE PLANIFICACION (Kahn, 1959)



FUENTE: Hamilton Smith (1982) en Franco (1982)

luación "mide hasta qué punto un programa alcanza ciertos objetivos" (Banners, Doctors y Gordon, 1975, 13).

En esa definición hay dos tipos de riesgos. Puede existir una *sobrestimación* de las metas y ello implica que, independientemente de la calidad del diseño y de la implementación, se consideren fracasados programas que no las han alcanzado aun cuando, desde otra perspectiva, puedan haber sido exitosos. Alternativamente, existe el riesgo contrario: la *subestimación* de las metas. En este caso, proyectos mal concebidos y ejecutados podrían tener una evaluación inadecuadamente positiva sólo debido a que sus formuladores fueron cautos en el momento de fijar las metas.

Esta concepción, centrada en la apreciación del grado en que se alcanzaron las metas, resulta de la traslación acrítica al campo social de las técnicas de evaluación de proyectos industriales. En ellos sucede que, una vez elegida la tecnología, están dadas las etapas lógicas e inevitables de la implementación del proyecto. En definitiva, en esos casos existe un único (y mejor) modo de alcanzar los objetivos. En los proyectos sociales las cosas no se dan necesariamente así. Incluso, uno de los objetivos más importantes de la evaluación es descubrir alternativas que optimicen el logro de los objetivos buscados.

También se ha definido a la evaluación como "el proceso encaminado a determinar sistemática y objetivamente la pertinencia, eficiencia y eficacia e impacto de tòdas las actividades a la luz de sus objetivos. Se trata de un proceso organizativo para mejorar las actividades todavía en marcha y ayudar a la administración en la planificación, programación y toma de decisiones futuras" (ONU, 1984, 18).

El énfasis en el carácter procesal de la evaluación quiere destacar que no se trata de un hecho ajeno y separado del proyecto en cuestión, sino que es una dimensión del mismo. Complementariamente, la evaluación ha sido caracterizada como "un medio sistemático de aprender empíricamente y de analizar las lecciones aprendidas para el mejoramiento de las actividades en curso y para el fomento de una planificación más satisfactoria mediante una selección rigu-

rosa entre las distintas posibilidades de acción futura. Ello supone un análisis crítico de los diferentes aspectos del establecimiento y la ejecución de un programa y de las actividades que constituyen el programa, su pertinencia, su formulación, su eficiencia y eficacia, su coste y su aceptabilidad para todas las partes interesadas" (OMS, 1981, 11).

4. *Evaluación y seguimiento*

La evaluación debe distinguirse del "seguimiento". Este "es el examen continuo o periódico que efectúa la administración, en todos sus niveles jerárquicos, de la manera en que se está ejecutando una actividad. Con ello, se busca asegurar que la entrega de insumos, los calendarios de trabajo, los productos esperados se conformen a metas establecidas y que otras acciones que son necesarias progresen de acuerdo con el plan trazado" (ONU, 1984).

Así, mientras el seguimiento o monitoreo es una actividad gerencial interna que se realiza durante el período de ejecución, la evaluación puede llevarse a cabo, tanto durante la implementación como al concluir la misma o algún tiempo después, cuando se prevé que el proyecto ha provocado todo su impacto. Por otro lado, la evaluación tanto interna como externa se ocupa de quiénes se han beneficiado, en qué medida, de qué manera y por qué.

5. *Evaluación e investigación*

Las relaciones existentes entre evaluación e investigación son estrechas, ya que aquélla supone la utilización del arsenal de modelos, instrumentos y técnicas que constituyen la llamada metodología de la investigación en ciencias sociales. Por lo mismo, conviene distinguirlas con precisión.

a) *En cuanto al objetivo*, la investigación puede ser básica o aplicada. "Si se persigue un fin puramente cognitivo se obtiene ciencia pura. La ciencia aplicada... utiliza el mismo método general de la ciencia pura y varios métodos especiales..., pero los aplica a fines que son en última instancia prácticos" (Bunge, 1969, 43).

Los fines que persigue la investigación científica "pura" y la evaluación son diferentes. Mientras la primera pretende incrementar el conocimiento disponible, la evaluación busca proveer información para aumentar la racionalidad con que se toman las decisiones, jerarquizando los proyectos, o mejorando su proceso de implementación.

La investigación aplicada, por su parte, trata de proporcionar conocimientos para modificar la realidad, siendo fundamental para la elaboración de programas y proyectos.

La evaluación se diferencia de ella por: i) su relación con las políticas y, por lo tanto, con el poder, cuyo ejercicio se supone en el proceso de definición y ejecución; y ii) la utilización de técnicas que le son propias, tales como las que proporcionan el análisis costo-beneficio y el análisis costo-efectividad.

Incluso la investigación diagnóstica, que persigue generar conocimientos sobre una determinada realidad, se diferencia de la evaluación por su finalidad. El diagnóstico describe, explica y, tal vez, predice hechos que acontecerán en la realidad. No se preocupa por los tiempos en los cuales esa transformación se va a producir, ni por los elementos requeridos para que ésta ocurra.

b) *En cuanto a la naturaleza.* Muchos autores utilizan evaluación e investigación evaluativa como sinónimos; otros, en cambio, marcan diferencias entre ellas. "En el sentido amplio, evaluación es el proceso de generar información sobre las operaciones y el impacto de la aplicación de programas y políticas... La investigación evaluativa es la aplicación de métodos de investigación científicos o empíricos a la evaluación de programas para llegar a afirmaciones causales, y lógicamente defendibles, sobre la eficacia de los mismos. Así, la investigación evaluativa puede con-

siderarse como un subconjunto del proceso más general de la evaluación" (Hennigan *et al.*, 1982, 201).

Esto plantea la cuestión de si la evaluación puede ser considerada una "rama de la ciencia" tal como afirma Musto o, simplemente, una aplicación de la metodología de la investigación. *La evaluación trata de maximizar la eficiencia y la eficacia de acciones que se dirigen a modificar segmentos de la realidad.*

Por otro lado, todo proyecto social pretende llegar a un estado deseado a partir de la situación actual. La "situación actual", reflejada en el diagnóstico, es un problema social, o muestra alguna potencialidad todavía no alcanzada. El proyecto pretende solucionar o disminuir la magnitud del problema social o, alternativamente, incrementar el aprovechamiento de la potencialidad, lo que se expresa en el planteamiento de los objetivos y metas que aspiran a superar la situación presentada en el diagnóstico.

Esto supone determinar previamente la pertinencia e idoneidad de dichas acciones. La *pertinencia* de un proyecto puede ser definida como su capacidad potencial de producir los cambios perseguidos. La *idoneidad* es la congruencia existente entre la programación y los objetivos y metas que el proyecto persigue.

c) *Explicación científica y diagnóstico.* Los objetivos básicos de un diagnóstico elaborado para la evaluación (y formulación) de un proyecto social son: describir, explicar y predecir.

• La descripción caracteriza al fenómeno o proceso que el proyecto se propone modificar, en función de una taxonomía. Taxonomía es el cuerpo de categorías descriptivas que constituyen un esquema ordenado para la clasificación. Cada rama de la ciencia posee una taxonomía que le es propia y que se reconoce por el arsenal de conceptos que habitualmente utiliza. Así, por ejemplo, se puede describir una mesa como un bien final de consumo (o bien de consumo durable) o como un símbolo de status. En el primer caso, se está utilizando una taxonomía económica, mien-

tras que en el segundo se recurre a una sociológica. El tipo de descripción a realizar está en función de la transformación que el proyecto se propone.

• La explicación establece relaciones causales entre las variables que determinan la situación actual, y cuya alteración permitirá modificarla. Se trata de una parte fundamental del diagnóstico, dado que la ausencia de un modelo causal hace imposible elaborar un proyecto que pueda alterar la situación presente.

• La predicción es una resultante de la capacidad de explicación. Si es posible explicar, también lo será predecir. Hay tres tipos de predicción que son esenciales a la evaluación de proyectos, tal como se verá más detenidamente en el Capítulo X, y que ahora sólo se enuncian: i) sin el proyecto, que es una proyección de las tendencias observadas; ii) con el proyecto, que introduce en la prognosis las modificaciones que la ejecución del proyecto produce, y iii) sin el proyecto y con optimización de la situación actual, que supone no realizar el proyecto pero racionalizar la asignación de recursos existente en la actualidad.

Por otro lado, el propósito fundamental de la investigación científica es incrementar el conocimiento. Por lo tanto, debe incluir en el modelo explicativo todas las dimensiones y variables que permitan explicar el fenómeno o proceso que se estudia.

La evaluación, en cambio, pretende la asignación óptima de los recursos disponibles, para lo cual tiene que disponer previamente de un modelo teórico-causal que distinga entre variables que operan como parámetros del proyecto y las que constituyen los elementos que van a ser utilizados en la acción transformadora. Se trata de las variables condición y de las variables instrumentales (medios). Estas últimas son las únicas que se deben considerar en el diagnóstico, ya que pueden ser transformadas con los recursos disponibles durante el lapso de implementación del proyecto, en la dirección de los objetivos propuestos. La estructura de ponderaciones de las variables instrumentales establece una guía para asignar los recursos del programa.

Las variables-condición, si bien resultan relevantes para la descripción y explicación del fenómeno, operan como parámetros dentro del contexto del proyecto.

Para ilustrar lo dicho, supóngase un proyecto educativo cuyo objetivo es mejorar el rendimiento de un grupo de alumnos primarios que pertenecen a sectores carenciados de la población. La variable objetivo o dependiente es el rendimiento en el aprendizaje, y se denota como VO.

La teoría y la experiencia de la implementación de proyectos similares permiten hacer una enunciación arbitraria a título solamente ilustrativos de cinco factores fundamentales o variables independientes (VI) que influyen sobre el rendimiento:

VI_1: estado nutricional,
VI_2: método pedagógico,
VI_3: infraestructura escolar
VI_4: coeficiente de inteligencia de los alumnos,
VI_5: nivel económico social de sus familias.

Las tres primeras son variables instrumentales o medios, dado que puede haber mecanismos en el proyecto que disminuyan la desnutrición aguda, replanteen los métodos y el ambiente de la enseñanza y mejoren la infraestructura disponible. Las dos últimas, en cambio, son variables condición, porque el proyecto no puede mejorar el coeficiente de inteligencia de los alumnos o alterar la inserción de las familias en el sistema de estratificación.

Habiendo ya identificado las variables instrumentales, que constituyen los medios de acción a utilizar en el proyecto, hay que establecer los modelos de interrelación entre las mismas (Equipos Consultores, 1981).

i) El modelo más sencillo parte de tres supuestos:

— Cada variable instrumental tiene el mismo nivel de incidencia sobre el resultado buscado (la variable-objetivo), esto es, son equiponderadas (en todas, la ponderación implícita es igual a 1).

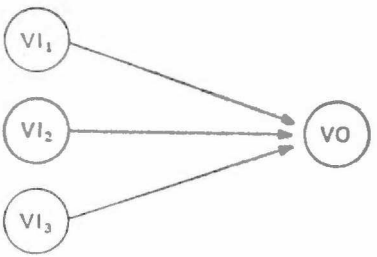
— Las variables instrumentales son independientes entre sí, o sea que la modificación de cualquiera de ellas no afecta a las restantes.

— Los cambios en la variable-objetivo no producen modificaciones en las variables instrumentales. No existe, por consiguiente, efecto de retroalimentación.

El Gráfico 3 muestra este modelo de variables independientes que tienen el mismo peso.

Gráfico 3

MODELO DE VARIABLES INDEPENDIENTES EQUIPONDERADAS



El modelo explicativo constituye una guía para la asignación de recursos del proyecto. Si el objetivo es maximizar la eficacia, esto es, modificar la variable objetivo independientemente de los costos que ello implique, debería asignarse una cantidad equivalente de recursos a cada variable instrumental. Esto resulta de la explicación planteada.

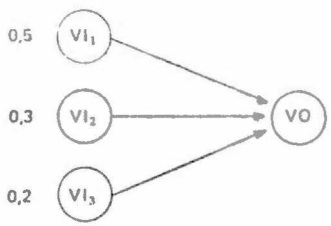
A su vez, cada una de las variables instrumentales supone un subproyecto (nutricional, educativo, de construcción de infraestructura) que requiere insumos con costos diferentes. Si se busca optimizar la asignación de recursos en función de la eficiencia, este objetivo puede alcanzarse recurriendo a la programación lineal. Se debe

destacar que el sistema de ecuaciones sería el resultado del modelo explicativo previamente planteado.

ii) Si se levanta el primer supuesto, asumiendo, en función de la teoría y de la experiencia disponibles, que el peso que corresponde a cada variable instrumental es diferente, por ejemplo, 0,5 para VI_1, 0,3 para VI_2 y 0,2 para VI_3, como se muestra en el Gráfico 4, se tiene otra situación.

Gráfico 4

MODELO DE VARIABLES INDEPENDIENTES DESIGUALMENTE PONDERADAS



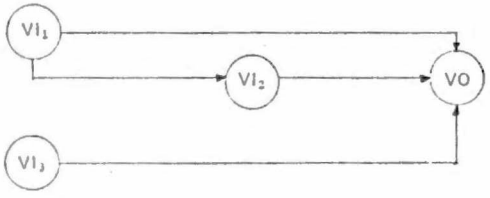
Los coeficientes representan la proporción de la variancia que explica cada variable instrumental y, por lo tanto, la importancia que se les debe otorgar en la asignación de recursos del proyecto. Desde este punto de vista, se trata de una estructura análoga a la de un índice sumatorio simple y, por consiguiente, la adición de todos los coeficientes debe ser igual a la unidad.

iii) Si se levanta el segundo supuesto, el cual sostiene que las variables instrumentales son independientes entre sí, se tendrían relaciones que se especifican en el Gráfico 5.

Ello significa que al mejorar el nivel nutricional, el método pedagógico tiene mayor impacto. Esto hace que

Gráfico 5

MODELO DE VARIABLES INDEPENDIENTES QUE SON ESTADISTICAMENTE DEPENDIENTES



el coeficiente original de VI_1 influya no sólo sobre VO sino también sobre VI_2, generando un efecto multiplicador que no existía en el caso anterior, lo que debería reflejarse en la correspondiente asignación de recursos.

iv) Levantando el último supuesto, según el cual las modificaciones en la variable objetivo no ejercen impacto alguno sobre las variables instrumentales, se obtiene un modelo de retroalimentación dinámica, cuya forma se aprecia en el Gráfico 6.

Los respectivos impactos sobre las variables-medios y la variable-objetivo son función de los distintos estadios discernibles en el proyecto.

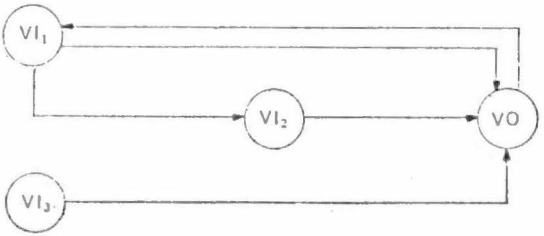
Lo dicho anteriormente puede sintetizarse en los siguientes puntos:

• Es necesario que el proyecto distinga con claridad las variables sobre las que va a operar (instrumentales) de aquellas que, en su marco, resultan inmodificables (condiciones).

• Hay una íntima conexión entre los modelos explicativo y de asignación de recursos cuando se trata de alcanzar los objetivos del proyecto.

Gráfico 6

MODELO DE RETROALIMENTACION DINAMICA



Todo lo dicho tiene una estrecha relación con la evaluación. El proceso comienza con una "idea del proyecto" que se propone solucionar un déficit (presente o futuro), solucionar o paliar algún problema social, o desarrollar algún tipo de potencialidad existente. A ello sigue el diagnóstico, cuya función explicativa permite la asignación racional de los recursos disponibles en el proyecto. Este diagnóstico es el elemento central de la evaluación *ex-ante*. Pero el cuerpo de conocimientos disponible y la experiencia existente, resultado de la evaluación de proyectos análogos, puede ser insuficiente para producir una asignación óptima de los recursos. La evaluación continua o de procesos permite ir corrigiendo el modelo causal y la consiguiente implementación, para reorientarla en función de los objetivos perseguidos.

Capítulo VI

TIPOS DE EVALUACION

No todas las evaluaciones son iguales. Pueden establecerse diferencias entre ellas según variados criterios como el tiempo de su realización y los objetivos que persiguen, quiénes las realizan, la naturaleza que poseen, la escala que asumen y los niveles de toma de decisión a los que van dirigidas.

1. *En función del momento en que se realiza y los objetivos perseguidos con la evaluación*

En la construcción de la tipología, así como en otras dimensiones de la evaluación, es posible distinguir las tradiciones de la economía de aquéllas que provienen de otras ciencias sociales (sociología, ciencias de la educación, etc.). En el caso que las raíces se encuentren en la ciencia económica, la distinción clásica es la de evaluación *ex-ante* y *ex-post*. La primera se realiza antes que el proyecto comience, tomando en cuenta, por lo tanto, factores anticipados en el proceso decisorio. La segunda se lleva a cabo cuando el proyecto ya está en ejecución o ha concluido y las decisiones se adoptan en base a los resultados efectivamente alcanzados.

a) *Evaluación ex-ante*

Tiene por finalidad proporcionar criterios racionales para una decisión cualitativa: si el proyecto debe o no implementarse. También permite ordenar los proyectos en función de sus grados de eficiencia y eficacia en la consecución de los objetivos perseguidos.

Tanto el análisis costo-beneficio (ACB) como el análisis costo efectividad (ACE) son metodologías aptas para la evaluación *ex-ante* de proyectos sociales. Sin embargo, el ACB es más adecuado para analizar proyectos económicos y el ACE presenta mayores potencialidades para la evaluación de proyectos y programas sociales .(Ver Capítulos X y XI.)

b) *Evaluación ex-post*

Es necesario distinguir la situación de los proyectos que están en curso de aquellos que ya han concluido. En ambos casos se persigue proporcionar elementos de juicio para la adopción de dos tipos de decisiones interrelacionadas entre sí una cualitativa (por sí o no) y otra "cuantitativa" (que es una cuestión de grado) (Musto, 1975).

En los proyectos que se están ejecutando, lo cualitativo tiene que ver con la escogencia entre *si* continuar con el proyecto o *no* proseguir con el mismo, sobre la base de los resultados obtenidos hasta el momento. En el caso que se justifique su prosecución, aparece la dimensión cuantitativa que, a su vez, presenta dos opciones: i) mantener la formulación original; ii) introducir modificaciones en la programación para ayudar a mejorarla.

En los proyectos terminados se presenta una situación análoga a la anterior. Lo cualitativo tiene que ver con la utilización en el futuro de la experiencia realizada. Existen dos alternativas: i) *sí*, se debe seguir implementando este

tipo de proyectos, cuando los beneficios generados (en todas sus dimensiones) superen a los costos que el mismo implicó; ii) *no* se deben continuar realizando experiencias semejantes, cuando se presentó la situación inversa.

En tanto la respuesta sea *sí*, existen dos posibilidades cuantitativas: i) los proyectos venideros deben utilizar la misma formulación por ser la más eficiente disponible; ii) se debe reprogramar en el futuro para asignar mejor los recursos en función de los fines que se pretenden alcanzar.

La utilización de la dimensión temporal permite diferenciar, en la evaluación ex-post, las fases del *durante* la realización del proyecto y la del *después* de su terminación. Existen distintos conceptos que se utilizan para denominarlas, según el matiz que se enfatice de los objetivos perseguidos por la actividad evaluativa. Los más corrientemente usados son la evaluación de procesos (o continua) y la de impacto (o resultados), y la terminal.

i. *Evaluación de procesos*

Determina la medida en que los componentes de un proyecto contribuyen o son disfuncionales a los fines perseguidos. Se realiza durante la implementación y, por tanto, afecta la organización y las operaciones. Su propósito es detectar las dificultades que se dan en la programación, administración, control, etc., generando información que permita corregir y revisar oportunamente, aumentando así la probabilidad de éxito del proyecto. No se trata de un balance final, sino de una evaluación periódica (en lo que se diferencia de la retroinformación que sería una actividad permanente de revisión. realizada por los mismos implementadores del proyecto).

ii) *Evaluación de impacto*

Busca determinar en qué medida el proyecto alcanzó sus objetivos y cuáles han sido sus efectos secundarios (previstos y no previstos).

Ambos tipos de evaluación se distinguen, entonces, por el tipo de problemas (las preguntas que responden), las decisiones afectadas y los potenciales usuarios de sus resultados (Contreras, 1981). La de procesos mira hacia adelante (a las correcciones o adecuaciones); la de impacto hacia atrás (si el proyecto funcionó o no), descubriendo las causas (Contreras, 1981). Aquélla busca afectar las decisiones cotidianas, operativas; en cambio, la última se dirige hacia afuera, más allá del proyecto en cuestión, siendo utilizable para resolver la eventual continuación del proyecto que se está evaluando, para diseñar otros proyectos posteriores y, en fin, para decisiones de política. Esto hace, también, que los usuarios de la evaluación sean diferentes: mientras en un caso serán los propios funcionarios que administran el proyecto, en el otro serán autoridades del mismo o incluso quienes tienen capacidad de decidir orientaciones más generales.

La evaluación de procesos, llamada también evaluación continua, se realiza durante la implementación del proyecto o en su fase de operación (ver Capítulo X). La evaluación de impactos puede ser llevada a cabo antes, durante o a la terminación del proyecto. En este último caso también se la denomina evaluación terminal.

2. *En función de quien realiza la evaluación*

a) *Evaluación externa*

Es la realizada por personas ajenas a la organización agente. Se supone que, el evaluador externo tiene mayor experiencia en esas actividades y, por lo mismo, podrá comparar los resultados obtenidos en el caso concreto con otros similares que le haya tocado conocer, pudiendo realizar así contrastaciones sobre la eficacia y eficiencia de diferentes soluciones a los problemas enfrentados.

Sin embargo, también hay dudas respecto a las evaluaciones externas. Se ha afirmado que tienden a dar más importancia al método de evaluación que al conocimiento sustantivo del área en la que se desarrolló el proyecto. La mayor ventaja del evaluador externo está en su conocimiento de la metodología evaluativa y su debilidad, en el área sustantiva y en las especificidades del proyecto. Quienes hacen esta observación se preguntan si realmente hay un arsenal metodológico único aplicable a cualquier tipo de proyecto. Por otro lado, plantean dudas respecto a la objetividad de la actuación del evaluador externo, aduciendo que ella no siempre está garantizada. Puede que quienes contratan al evaluador tengan prejuicios respecto al desempeño del proyecto, e intereses en cuanto a su eventual continuación, lo que puede orientar la selección del técnico e influir sobre su opinión.

b) *Evaluación interna*

Es la que se lleva a cabo dentro del marco de la organización gestora del proyecto. Sus aspectos positivos serían, en primer lugar, que elimina las fricciones propias de la evaluación externa. Quienes van a ser evaluados por un extraño se ponen a la defensiva, proporcionan información

parcial y sólo cuando les es favorable, y tienen reacciones psicológicas que dificultan el proceso de aprendizaje a partir de la experiencia. Así, la evaluación suele ser traumática para evaluador y evaluados, aportando poco al conocimiento sustantivo y al mejoramiento de los procedimientos de puesta en práctica de los proyectos. Se afirma que nada de esto sucedería si la evaluación se llevase a cabo dentro de la organización.

Habría mayor colaboración de quienes participaron en el proyecto, ya que no la sentirían como un examen de su actuación personal, sino como una instancia de reflexión sobre lo realizado, de mutuo intercambio de experiencias y, en fin, de aprendizaje. Asimismo, se trataría de una evaluación realizada por quienes conocen lo sustantivo del campo o disciplina, lo que podría ser más útil que el énfasis en lo metodológico con descuido de lo sustantivo. Esto ha llevado a decir que "El propio proceso de evaluación puede ser tan importante como las conclusiones a que conduzca, ya que el hecho de participar en ese proceso permite con frecuencia comprender mejor las actividades que se evalúan y enfocar de modo más constructivo su ejecución y las necesidades de acción futura" (OMS, 1981, 11).

En contra de esta forma de evaluación, se sostiene que daría menores garantías de objetividad, ya que la organización agente es "juez y parte". Se piensa que sus miembros tendrán ideas preconcebidas respecto al proyecto, tanto por intereses (han sido ellos quienes lo diseñaron o ejecutaron y, por lo mismo, no querrán mostrar un posible fracaso, como por los valores (ya que se encuentran identificados con los objetivos y la forma elegida para alcanzarlos). Así estarían menos capacitados para apreciar, en forma independiente e imparcial, el proyecto.

Cabe enfatizar, además, que la evaluación interna no elimina el choque de intereses entre los diferentes actores. Existen situaciones donde el fracaso de ciertos proyectos se ha debido a incompatibilidades y conflictos entre responsables y funcionarios. En tales casos, difícilmente la evaluación interna puede lograr lo que no se obtuvo a lo largo

del desarrollo del proyecto, y contribuir a un intercambio positivo de experiencias.

Hamilton-Smith (1981, 371-373), citando a Wildavski, menciona restricciones inherentes a la lógica con que se estructura y funciona la organización que lleva a cabo el proyecto, que conviene recordar.

"El miembro ideal de una organización autoevaluadora es aquel comprometido con ciertos modelos de solución de problemas; cree en la definición de metas, su relación con diferentes mecanismos de realización, la creación de modelos (a veces cuantitativos) de relación entre insumos y productos y la búsqueda de la mejor combinación disponible. Su preocupación no es que sobreviva la organización o que se persiga un objetivo en particular o se atienda a una clientela determinada. El 'evaluador' se preocupa de que se seleccionen problemas interesantes y que se aplique el máximo de inteligencia en su solución. Aunque a menudo tiene fuertes preferencias sociales, su compromiso fundamental es la solución de problemas en la forma correcta..."

"La evaluación debe llevar no sólo al descubrimiento de mejores programas para cumplir los objetivos establecidos, sino también a la propia alteración de los objetivos. El análisis de la eficacia de las políticas en vigor, lleva a considerar alternativas que contraponen medios y objetivos incorporados en políticas distintas. Podrán considerarse inapropiados tanto los objetivos como los medios para lograrlos. Pero los hombres que han sido socializados para aceptar ciertos objetivos pueden mostrarse renuentes a cambiarlos. La resistencia al cambio reviste entonces la forma de conservación de los objetivos sociales. Se multiplican las dificultades cuando se aprecia que los objetivos pueden estar ligados a la clientela —los pobres, los que trabajan al aire libre, los leñadores— con quienes se identifican los miembros de la organización. Los objetivos de la organización pueden haberlos atraído precisamente porque la ven como un medio de servir a personas a quienes estiman. Por lo tanto, pueden considerar que los cambios de objetivos son propuestas para "traicionar" a la clientela

que desean atender. Para ellos, la evaluación se convierte en enemigo del pueblo..."

"La evaluación y la organización pueden ser términos contradictorios. La estructura de la organización implica estabilidad, en tanto que el proceso de evaluación sugiere cambio. La organización genera compromisos, en tanto que la evaluación inculca el escepticismo. La evaluación se refiere a la relación entre la acción y los objetivos, en tanto que la organización relaciona sus actividades con su programa y su clientela. Nadie puede decir con certeza que puedan existir las organizaciones autoevaluadoras, ni mucho menos que lleguen a ser la forma predominante de administración."

A las dificultades mencionadas conviene agregar una puntualización que suele omitirse. Si el proyecto es grande, aun cuando la evaluación sea "interna" desde el punto de vista institucional, será "ajena" a quienes colaboraron en la implementación, ya que obviamente no todos pueden participar activamente en ella.

En este caso, la evaluación *interna* la realizan personas que no están directamente vinculadas con la formulación o ejecución del proyecto. Suele tratarse de expertos que, dentro de instituciones complejas, cumplen ese rol. Ello supone especialización y, tal vez, predominio del conocimiento metodológico y técnico de la evaluación, por sobre el dominio del área sustantiva y las características específicas del proyecto. Su actuación, entonces, se asemeja a la evaluación externa, aunque puede asumirse que el rango de variación de los proyectos, dentro de una misma organización, debería ser lo suficientemente acotado como para permitir un acercamiento razonable entre la metodología de la evaluación y la teoría relativa al problema a que la institución está abocada.

c) *Evaluación mixta*

Como una combinación de los dos tipos de evaluación mencionados precedentemente, se da la evaluación mixta, donde

evaluadores externos realizan su trabajo en estrecho contacto y con la participación de los miembros del proyecto a evaluar.

d) *Evaluación participativa*

Persigue minimizar la distancia existente entre el evaluador y los beneficiarios. Se la recomienda especialmente en caso de pequeños proyectos, que buscan crear condiciones para que se genere una respuesta endógena del grupo, y por esta vía asentar los cambios propugnados.

Las potencialidades de la participación son importantes. Así lo demuestra un estudio realizado en 1975 por la AID, que analizó 36 proyectos de desarrollo rural integrado llevados a cabo en Africa y 35 realizados en América Latina, con el fin de identificar los elementos significativos para su éxito o fracaso. "Se encontró que algunas variables que habitualmente se consideran importantes para el éxito de un proyecto de desarrollo rural integrado, como el analfabetismo o alfabetismo de la población-objetivo, la distancia a un camino permanente, la calidad del medio físico para la agricultura, el número de parcelas por extensionista, el que los campesinos tengan experiencia previa o no con este tipo de proyectos, el porcentaje de aumento del ingreso por familia generado por el programa tomado aisladamente, etc., eran en realidad irrelevantes en la gran mayoría de los casos para dicho éxito. Por otra parte se comprobó que eran decisivamente importantes para el proyecto, las siguientes variables: que la población objetivo participase tanto en el diseño y generación del proyecto como durante la implementación del mismo, en una situación tal que ni los organizadores del proyecto ni la población-objetivo tuvieran toda la capacidad de decisión..." (Tobal, 1982).

Muchas de las experiencias de evaluación participativa encuentran sus raíces teóricas y metodológicas en el enfoque de la investigación-acción y proponen un enfoque aná-

logo, incluyendo todas las etapas de la investigación, desde el diagnóstico hasta la evaluación final.

Este enfoque tiene límites y potencialidades que parece conveniente destacar. En realidad, usualmente busca incrementar la acción política de los beneficiarios, más que perseguir el éxito del proyecto. Asimismo, pueden existir discrepancias entre el nivel micro del proyecto en cuestión y las transformaciones de tipo macro que se propugnan y que son inalcanzables a través de aquél.

3. *En función de la naturaleza de la evaluación*

Por este criterio, cabe distinguir entre evaluaciones descriptivas y explicativas.

a) *Evaluación descriptiva*

Al igual que la investigación con propósitos diagnósticos traduce en taxonomías, tanto el fenómeno que se trata de modificar y su situación en distintos estadios (antes, durante y después), como la población-objetivo y el proyecto mismo (con las diferentes dimensiones que lo conforman). Este ordenamiento permite determinar la magnitud del cambio producido.

Con la palabra "descriptiva" se quiere enfatizar que las mediciones son cuantitativas.

b) *Evaluación explicativa*

Construye un modelo causal que da cuenta de la contribución del proyecto al proceso de transformación deseado. Se destacan especialmente los factores que lo facilitan u obstaculizan, que aparecen en las distintas alternativas de implementación. La medición es tanto cualitativa como cuantitativa.

4. *En función de la escala de los proyectos evaluados*

Según la escala del proyecto, o sea, tomando en consideración el número de sujetos sociales afectados y, por consiguiente, la magnitud de los recursos necesarios para su implementación, es posible distinguir entre la *evaluación de proyectos grandes*, y la de *evaluación de proyectos pequeños*. Al respecto conviene destacar algunos aspectos fundamentales en que ambos se diferencian.

i) *Estrategia de la evaluación*

En los proyectos grandes, la estrategia es predominantemente analítica y objetiva. La evaluación se descompone en las distintas dimensiones estructurales y dinámicas, del proyecto. Es posible realizar evaluaciones parciales de las distintas etapas, para medir el logro alcanzado en objetivos intermedios (cortes transversales); el avance en la consecución de objetivos específicos (cortes longitudinales y transversales); la articulación del eslabonamiento de los procesos (dinámicos) de diagnóstico, la programación y la implementación; el grado de eficiencia de la organización-agente (adecuación administrativa a los objetivos del programa, y flujos de y hacia el programa).

En cambio, con los proyectos pequeños se sigue una estrategia básicamente cualitativa. El énfasis se pone en la comprensión del conjunto y de los casos individuales que lo integran. La consideración de los casos adquiere sentido dentro del contexto en el que se enmarcan. Si bien es posible hacer cortes transversales, el análisis dimensional no es aplicable.

ii) *Lógica de la investigación*

En los proyectos grandes, la lógica de la investigación es deductiva. Los objetivos derivan en un modelo causal que se pone de manifiesto al plantear las hipótesis articuladas entre sí. Su verificación exige la construcción de variables, indicadores e índices que permitan contrastar el grado de avance del proyecto con la realidad.

En los proyectos pequeños, la lógica de investigación es inductiva. A partir de la realidad se reconstruye el contexto del proyecto. Los objetivos suponen hipótesis de carácter general, que no admiten la rigurosa especificación anterior. Por el contrario, se trata de encontrar convergencias en los valores, actitudes y comportamientos para construir, a partir de allí, hipótesis que las incluyan. Ellas pueden diferir sustancialmente de las que guiaron el establecimiento del proyecto.

iii) *Diseño de la evaluación*

En la evaluación de grandes proyectos se retoman los diseños propios de las ciencias naturales: experimental clásico, cuasiexperimental, y no experimental. Ellos suponen una captación particular de la realidad, dimensionalizada (grupo experimental, grupo de control), a los efectos de determinar el grado de éxito o fracaso del proyecto.

En los proyectos pequeños se parte de la realidad global, buscando entender el proyecto a través de las articulaciones que los individuos generan en el tejido social del grupo o comunidad.

iv) *Técnicas de análisis*

En el caso de los proyectos grandes, las técnicas de análisis son cuantitativas, complementadas a veces por otras de tipo cualitativo.

En los proyectos pequeños se recurre más a lo cualitativo, primordialmente a técnicas propias de la antropología cultural y de la etnografía, como la observación participante, las entrevistas en profundidad, las historias de vida, etc.

v) *Resultados de la evaluación*

Son generales en los proyectos grandes. Dado su tamaño, cabe diferenciar etapas, dimensiones, procesos o eslabones diferentes y hacer afirmaciones respecto a las características de cada uno de ellos. Asimismo, los individuos que participan o son afectados por el proyecto son vistos como clases de actores y no individualmente.

En los proyectos pequeños, en cambio, se hace una consideración específica de quienes participan en él, analizando asimismo los casos desviados.

vi) *Patrón de evaluación*

Para poder pronunciarse respecto al éxito o fracaso de un proyecto es necesario comparar los logros alcanzados con alguna norma o patrón.

Para evaluar los proyectos grandes existen habitualmente normas explícitas que se han planteado antes de la iniciación del mismo, o que resultan de patrones internacionales o nacionales, o de experiencias similares, o de tendencias históricas.

En los proyectos pequeños, las normas son intuitivas o, incluso, se carece de ellas. El énfasis está puesto en la singularidad del proyecto.

vii) *Evaluadores*

En los proyectos grandes la evaluación es centralizada. Dados los factores analizados, particularmente el diseño y las técnicas de análisis, el evaluador dirige o forma

parte de un equipo que no puede estar en permanente contacto con todos los actores involucrados (poblaciones-meta, administradores, implementadores), en cada uno de los lugares donde el programa se ha llevado a cabo. Para superar esta limitación, se exige utilizar métodos que permitan optimizar el acceso a la información que se va generando como resultado de la evaluación misma. Lo anterior no implica que el evaluador pueda eludir el contacto directo con la práctica de implementación del proyecto. Este es imprescindible y constituye una de las fuentes más fecundas para la generación de hipótesis. Sin embargo, la interacción permanente no es ni puede ser, en estos casos, una exigencia de la evaluación.

En los proyectos pequeños, la localización del evaluador está en el proyecto mismo. En este caso, el propósito es la comprensión global, por lo que la lógica, el diseño y las técnicas que de ello se derivan hacen que la interacción del evaluador con el grupo-objetivo deba ser permanente o muy prolongada, durante la evaluación.

Evaluaciones sensitiva, iluminativa y focalizada

En el caso de los pequeños proyectos, se distinguen algunos modelos específicos de evaluación, que ponen énfasis en diferentes aspectos (Briones, 1985, 24-30).

La *evaluación sensitiva* es, en realidad, un paso previo del proceso, que se centra en descubrir las características reales de las demandas en función de las que la evaluación fue solicitada.

La evaluación iluminativa busca comprender las situaciones que se presentan en el proyecto, desde distintas perspectivas. En este sentido, busca que las "ilumine", las clarifique. "Por eso debe describirlas ampliamente, en lo posible con todos sus detalles y significaciones" (Briones, 1985, 27), destacando también el conflicto y la contradicción inherentes a la interacción de todo grupo humano.

La *evaluación focalizada* resulta de la consulta con quienes toman las decisiones del proyecto y con los bene-

ficiarios del mismo para que, junto con el evaluador, jerarquicen los problemas y los factores intervinientes en su desarrollo. Los resultados son individualizados para posibilitar el tratamiento específico, no sólo a las categorías de usuarios, sino también a los sujetos concretos.

5. *En función de los destinatarios de la evaluación*

Al ir precisando los alcances y contenidos de la evaluación, tratando de responder a la pregunta ¿qué es evaluar?, necesariamente se llega a la cuestión de ¿para qué se evalúa? La respuesta vertebra una parte sustancial de este trabajo. Se evalúa para escoger racionalmente entre proyectos alternativos y para incrementar la eficacia y la eficiencia de los mismos. Pero tanto la selección de vías alternativas para la acción, como las modificaciones en la implementación, suponen un proceso de toma de decisiones que se realiza dentro de la organización agente y en el contexto mayor de la que ésta forma parte. Por lo tanto, también hay que hacer explícito para quién se evalúa, o cuál es el escalón dentro de la estructura de poder para el que se realiza la evaluación.

Se evalúa para la acción, pero es obviamente diferente cuando ésta va a traducirse en políticas, que cuando va a serlo en proyectos concretos. El diseño, contenido, metodología y tipos de análisis a realizar, van a depender de quienes sean, en definitiva, los destinatarios de la evaluación.

Aun cuando en una misma evaluación se consideren todos los niveles, la utilización de los resultados sólo puede ser selectiva. Restringiéndose a la organización agente, pueden diferenciarse tres tipos de destinatarios (Espinoza, 1983, 24):

i) Los *directivos superiores*, que tienen a su cargo la definición de las políticas, y establecen las prioridades entre

los proyectos, en función de los objetivos que persigue la institución. Adoptan decisiones de tipo cualitativo, determinando los proyectos que van a realizarse, y de tipo cuantitativo, estableciendo la cantidad de recursos que serán asignados a cada uno de ellos.

ii) Los *administradores,* que realizan la distribución de los recursos para el logro de los objetivos y metas establecidos. Ellos deben generar modelos de asignación que optimicen la relación insumo-producto.

iii) Los *técnicos,* que tienen como tarea la ejecución concreta de los proyectos que derivan de todas las decisiones adoptadas anteriormente. Deben centrarse en los aspectos operativos, para que los modelos se traduzcan en modalidades congruentes de implementación.

DEVELOPMENT CENTRE STUDIES

MANUAL ON THE CHOICE OF INDUSTRIAL TECHNIQUE IN DEVELOPING COUNTRIES

BY

JAMES PICKETT AND ROBERT ROBSON

DEVELOPMENT CENTRE
OF THE ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

Chapter 1

INTRODUCTION

This Manual is intended to be of direct use to those who, in making investment decisions, are responsible for the choice of industrial technique in developing countries. It shows how alternative techniques can be identified and appraised. In doing so the Manual enters the investment decision at the point at which the decision-taker is already more or less clear on product choice and the scale and location of production. At that point the tasks of the decision-maker are:

a) to acquire comprehensive and reliable information on the pertinent industrial processes;
b) to use this to determine as wide and densely packed a range of alternative techniques as possible;
c) to cost the use of these alternatives, using market and/or economic prices; and
d) to evaluate the alternatives by using discounted cash flow analysis and hence to choose among them.

Within the limitations of a work that is not specific to a particular industry, the Manual offers guidance to sources of information on industrial processes. It shows in detail how alternative techniques are to be identified, costed and evaluated. Drawing on studies of industries chosen for their importance (as measured by value added) in developing countries, the Manual contains, it is hoped, ample practical illustration, including that to be found in four case studies. It recognizes that decision-takers are not necessarily economists. Consequently it treats at some length the role of engineers, and it seeks to be self-contained in a way that makes its contents accessible to people from a variety of backgrounds.

The view has been taken that the Manual has a contribution to make to improved decision-taking within existing institutional frameworks, so that it has not been thought necessary to discuss these. Nor has it been judged necessary to dwell on questions of **product** choice or on the question of whether more could be gained from improved use of existing techniques than from improved choice among techniques. Whatever products may be appropriate in developing countries, these still have to be produced in specific ways at specific locations and at specific levels of output. The question of the choice of technique is, therefore, always relevant. Moreover, it remains relevant even if the gains from fuller utilisation of existing (but possibly inappropriate) techniques are greater than those from improved choice.[1] The maximum gain would result from the efficient use of the optimum technique.

This Manual then is concerned with the choice of industrial technique in developing countries. In such countries, particularly the poorest among them, most of the population lives and works in the rural areas, so that reasons for emphasizing industrial techniques are not self-evident. It is consequently appropriate to make these explicit. An attempt to do this is made in the first part of the present chapter. The second part seeks to give more justification to the present approach by disposing of some reservations which might be thought to be implicit in the literature on technology and development.

1. The importance of the choice of techniques

Early discussion of the choice of technique, which still finds recurrent echo, tended to favour the capital-intensive. At its simplest this was because the capital-intensive was more likely to promote economic growth than the labour-intensive since, putting the argument at its strongest, workers eat and capitalists save. Thus investible funds would increase more rapidly with the use of capital-intensive techniques than with labour-intensive ones. This argument leaves something to be desired. Apart from the possibility that it begs the main question – which kinds of techniques generate the largest surplus? – it overlooks the conditions which have to be met if capital-intensive techniques are to be used efficiently. These include a minimum market size, with indivisibilities and economies of scale being important features of the relevant processes. The more capital-intensive (that is the more machine-intensive) an investment the more there is to be gained from more or less continuous working. This calls in question such diverse things as attitudes of the labour force and the continuity of the electricity supply. Again, the capital-intensive and relatively large scale operation depends for its success on the availability of the requisite skills to work, maintain and repair modern machinery. Moreover these have to be matched by corresponding administrative skills if the various management functions – organising production, recruiting, training and managing the labour force, accounting and marketing – are to be successfully discharged. Beyond this again the choice of capital-intensive technique presumes a certain level of economic and social infrastructure.

In part because the necessary conditions have not been met, the generalization can safely be made that the capital-intensive has not fared all that well in developing countries. Capacity utilization is difficult to define and the measure. Nevertheless, few would dissent from the statement that serious capacity under-utilization is a pervasive feature of much developing country industry. Since there is a presumption that under-utilization correlates with capital-intensity, or since at least excess capacity is most palpable in the large-scale, wrong choices appear to have been made. This is a first reason to worry about the choice of industrial technique, although it does not *per se* justify priority attention to industry. Nor should it be taken as implying that the selection of capital-intensive techniques is the sole explanation of excess capacity. It is, however, arguably an important one.

The fact that the introduction of modern, capital-intensive, techniques has encountered problems in developing countries does not unfortunately *ipso facto* mean that small-scale, labour-intensive techniques would necessarily have been better choices in each and every case. To anticipate somewhat, the choice between labour- and capital-intensive is a matter for calculation and judgement. Consequently the *a priori* view that labour-intensive techniques should always be chosen is not any easier to defend than its converse.

The second reason for regarding the choice of industrial techniques as important lies in the fact that the controversy about the factor-intensity of techniques has naturally been linked to the question of employment. Thus a strong strand in the argument in favour of capital-intensive techniques was that the more rapid rate of growth of the re-investible surplus resulting from their use would lead to a higher rate of increase in employment than that accruing from the choice of labour-intensive techniques, so that the latter should not be selected – even if they initially provided more jobs than techniques requiring higher levels of investment. Put differently and more generally, "underemployment and inadequate incomes were held to come about simply because, *ex definitione*, less developed countries are poor in reproducible factors of production, in skills and in technical know how".[2] Once modern growth got under way – that is once capital and knowledge increased and business like thinking spread – so, it was thought, would employment opportunities expand. Experience has

confounded this belief and it is now generally accepted that modern employment on an adequate scale is not automatically ensured by the expansion of the modern sector and industrial output. As a result, a heightened concern with employment has emerged, and much has been written on the characteristics, causes and consequences of the unemployment problem. Among the causes, pride of place ought to be given on the supply side to high rates of population and labour force growth. In recent years developing country populations have been growing at rates markedly higher than those recorded in developed countries, either now or at the relevant earlier stage of the economic history of such countries. Moreover, it can be suspected that high contemporary rates of population growth constrain rather than promote economic growth.

The basic demographic element on the supply side combines with some demand-related features of the modern labour market, including the initial smallness of that market, business behaviour, factor price distortions and the increasingly labour-saving thrust of modern technology, to suggest that full employment (whatever that might precisely mean in developing countries) could not easily be secured (at least in the foreseeable future) by means of continued expansion of the modern industrial sector. Thus, for example, if 20 per cent of a labour force which was growing at 3 per cent per annum were employed in the modern sector at some point in time, then employment in that sector would require to grow at 15 per cent per annum in order to absorb the annual increment to the labour force. It follows that output in the modern sector would have to grow at 15 per cent per annum if a moratorium were imposed on productivity increases and at a higher rate if there were no such moratorium. Every new member of the labour force does not have, of course, to find work in the modern industrial sector. In some developing countries, however, productive labour absorption in the agricultural and service sectors is likely to be limited.

The magnitude and character of the unemployment problem may to an extent be briefly illustrated by reference to Ethiopia where urban unemployment is at least 20 per cent of the urban labour force. Ethiopia is one of the least developed of the developing countries and has over the past fifteen years experienced population growth at a minimum average annual rate of 2.5 per cent per annum.

This means that – regardless of what happens to population increase from now on – the age group from which the labour force is drawn (14-65) will grow at a corresponding rate over the next 15 years. The significance of this is apparent when the distinction is made between capital widening – equipping additions to the labour force to present levels – and capital deepening – increasing the amount of capital per worker. It is the latter which leads to economic growth per head. In an idealized economy, however, large additions to the labour force would, by depressing the wage rate, cause capital widening to be preferred until full employment had been secured. Then accumulation would be used to obtain capital deepening.[3] In Ethiopia what has been happening is that capital deepening has been proceeding, as it were, at the expense of capital widening with consequent unemployment and low productivity employment – all the more so since the usual consequence of capital deepening is to lower the labour-output ratio.

It is worth attempting to quantify these effects. In this regard it may be noted that the textile industry is among the more important (as measured by employment and value added) in Ethiopia. In the conditions of a middle-range developed market economy, such as the United Kingdom, to set up an efficient factory of optimum size to produce grey cotton cloth would incur a capital cost of US $20 million and employ 240 persons, so that the capital-labour ratio would be US $83 333 per head. In Ethiopia at present the annual increment to the labour force may be put at 300 000; and, on the assumption of a savings rate of 10 per cent, savings per head of this increment is about US $31. Consequently if, as a

matter of uncritical import of technology, Ethiopia seeks to equip its labour force in a way that would be suitable to British conditions, then less than 1.0 per cent of the increment of the labour force could be employed in the modern sector. The remainder – that is virtually everyone – would either be overtly unemployed or left to win a living with bare hands. There is thus a need to re-examine the sectoral allocation of investible funds and, *inter alia*, to find capital-saving, labour-using, efficient techniques.

If the oft-alleged, relative neglect of the rural areas is added to the factors just discussed, the importance of income and population distribution is brought out. Thus, if the proportion of the incremental labour force absorbed into the modern sector is declining, and if the absorptive capacity of the modern sector with respect to labour is generally limited, then some (significant) proportion of the pre-existing and 'employed' labour force is going to be frustrated in attempting to gain entry to the modern sector. Many of the new entrants to the labour force will thus either become overtly unemployed or be driven into low-productivity (and low income-generating) employment in the rural areas or in the urban 'informal' sector. In this circumstance, and given that some proportion of the labour force does find (relatively) high-paid, modern employment, it is easy to believe that over a decade or more many of the poorest members of the labour force experience little if any material betterment, and that income inequality is increasing through time. Reasoning of this kind underlies much of the discussion of the 'growth without development' phenomenon.

Relative rural neglect and the substantial, but by no means complete, coincidence of the modern and urban sectors of the economy, could be expected to result in a marked shift of population and would-be wage workers from rural to the urban areas. Certainly in the last two decades urban populations grew more rapidly than rural ones, and more rapidly than would have been possible on the basis of natural increase alone. In the presence of relatively limited international migration this suggests, in the light of the failure of the number of modern sector jobs to grow quickly, that the employment problem is most openly manifest in the urban areas. This 'fact' is not necessarily inconsistent with the view that the solution to the problem requires much more attention than hitherto to the rural areas. It does, however, mean that policies towards the modern sector have a strategic importance beyond the weight of urban in total economic activity.

Many developing economies are capital scarce, and –as has been seen – have recently been experiencing rapid population and labour force growth, so that it is extremely difficult to provide adequate employment (income-earning) opportunities. It can be shown that the magnitude of the consequent employment problem is such that "any plausible increase in labour absorption outside manufacturing would still require that... exacting attention be paid to the creation of employment associated with industrial expansion".[4] It is true that if development goals are explicitly related to general poverty, unemployment and income distribution, then questions are raised concerning industrial location. In particular, the need to establish industry in the rural areas and smaller towns has to be considered. Such consideration is compatible with a more general and conscious concern with the employment component of industrial expansion.

Strong attention to industrial employment is important since if it resulted in more jobs it would contribute directly to the resolution of the employment problem, and since the condition for successfully increasing employment might be the adoption of industrial techniques which would use less capital and more labour per unit of output – and yield more profit and provide lower wage rates – than would be likely on present trends. If this were so and the relevant techniques were introduced, industry could make a bigger contribution to economic growth than hitherto and could help reduce urban-rural income differentials and thus help relieve the tensions associated with develoment.

The concern with the choice of technique, economic efficiency and industrial employment gives rise to a number of questions; among which are the following:

1. How much scope for choice is there *(a)* among techniques for making a carefully-specified product at given levels of output, and *(b)* among techniques for producing less rigourously defined goods – i.e. with less exacting quality standards than in *(a)*?
2. Are decisions economically 'rational' *(a)* in the light of prices actually prevailing in the factor markets, and *(b)* when socially optimal prices are applied?
3. If there is scope for choice and the answer to 2 *(a)* is a complete or qualified no, why are 'irrational' decisions taken? Are there 'adequate' economic explanations (such as market structure, the cost of knowledge, inescapable factor complementarities, etc.) of 'irrational' choice? Or must the explanation be sought elsewhere? In engineering influences? Organisation theory? Extra-economic business behaviour?
4. If decisions are 'irrational' in the light of 'distorted' factor prices, would the removal of the distortions *ipso facto* eliminate (reduce) the 'irrationality', or is the removal of the underlying causes of inefficient choice a prior condition of the successful application of socially optimal pricing?

Full consideration of the questions just posed would go well beyond the scope of the present Manual, particularly since they could readily be increased. The first question – on the scope for choice – is rather fully treated in what follows. The others, especially the third and fourth, add usefully to the context of the Manual, serve as a reminder of its (deliberate) limitation in scope and help to bring the relationship between the choice of technique and the employment problem into focus. The search for policy-linked understanding of the causes and character of unemployment has yielded two kinds of explanations: those broadly describable as structural; and those thought to result from poor – but more or less easily improved – policy choices. Technological rigidity, the absence of alternatives, would be a structural phenomenon. If it existed it would greatly lengthen the time horizon within which the unemployment problem might be reduced to manageable proportions. This is a third reason for regarding the choice of industrial technique as important, since attention to it must necessarily throw light on the existence or otherwise of alternatives.

The link between employment and the choice of technique has been discussed at some length because for many this is the context in which the search for alternatives is to be placed. This strong concern with employment should not, however, be allowed to obscure the fact that the choice of technique is important independently of its possible consequences for unemployment. It is, after all, a major mechanism in the allocation and use of scarce resources; and if improved choice of production methods can be made in poor countries the resultant increase in efficiency goes beyond any direct and immediate gain in employment it may bring about. This is a fourth reason for concern with the choice of industrial technique.

2. Some possible difficulties

A Manual which offers guidance on how to choose among alternatives obviously is committed to the assumption that choices exist. It thus seems logical to begin a consideration of difficulties by reference to the possibility that there are in fact no choices.

On reflection, however, it is difficult to see that there was ever any strong *a priori* reason to expect uniformity of choice since techniques can obviously be expected to vary in a number of ways. They can, for example, be capital, labour, energy, material and skill using or saving in

varying degrees, so that one would expect that techniques chosen would vary with circumstance even in the production in different locations of a well-specified product. Thus, when the necessary co-operating factors – the requisite skills, savings, level of business organisation and infrastructure are present – a capital- and skill-using and unskilled labour saving technique could be appropriate. In the absence of such co-operating factors a different technique could be better. This modest possibility makes it difficult to explain the earlier vogue of a variant of the fixed factor proportions view which did not deny the existence of alternatives but insisted that the labour-intensive would always be relatively inefficient. This view is in any event unsatisfactory because of its all or nothing character. There are, after all, degrees of capital and labour intensity, and to dismiss the 'primitive' is hardly to eradicate choice.

There is now considerable evidence from empirical studies that choices of technique do exist.[5] Some of this comes from econometric work which is troubled by conceptual and measurement difficulties. Some also comes, however, from more or less detailed analysis of industrial processes and is based on more or less complete costing of alternative methods of manufacturing broadly similar products. The weight of the evidence from these industry studies is such that, as one contributor to them has it, one "need no longer labour the point that there exists in most industries a remarkably wide choice of technologies which is essential for the meaningfulness of the concept of appropriateness under given endowment conditions to emerge".[6]

One can, of course, have recourse to political determinism and argue that even if there are technical options the institutional framework within which they are considered still excludes choice. This, frankly, does not seem very sensible – if only because it is not difficult to produce examples in which conscious and more or less comprehensive choices have been exercised.

Again it could be argued that economies of scale rule out much choice of technique, since the large-scale is invariably capital-intensive. Here it is necessary to distinguish between two questions: *(a)* whether there is a systematic relationship between scale and the choice of technique; and *(b)* whether, given the scale and nature of a product there is any choice of technique. The latter is the pertinent question here. As the second case study of Chapter 5 shows there is no lack of choice in the textile industry when mills are deliberately designed to capture all technical economies of scale. Even in the production of urea, which is generically capital-intensive it can be shown that there are choices of technique which, although there is little associated variation in employment, are worth considering because they are linked to possible changes in the requirement for investible funds.

The choice of technique, as it is described subsequently, begins from a specification of product characteristics and level of output, proceeds through the identification of more or less discrete and independent stages in the pertinent industrial process to the listing of the (alternative) sub-techniques available at each stage, the costing of these and the identification of the least-cost and other selected techniques. The number of stages is normally at least ten and at most of these two or more sub-techniques are available (through commercial purchase). The number of alternative techniques is therefore generally large. Many are 'synthetic' in the sense that although all of the machines embodied in the sub-techniques which make up the options are normally in use and available, they have not necessarily been used in the combinations which result from the recommended search and appraisal procedure. As a result it is reasonable to ask whether the 'synthetic' techniques are reliable.

The question of reliability is an important one in the whole discussion of appropriate techniques. Not the least of the reasons for imitative transfer of techniques from developed to developing countries is that those transferred have been rather well tested in commercial operation. Suggested alternatives frequently have not. Moreover they often have not even

been critically appraised on paper with adequate attention having been given to scarce skills and capital other than that embodied in machines. The use of such alternative techniques understandably seems risky to a hard-headed industrial engineer. In the light of these considerations it bears emphasizing that the 'synthetic' techniques which emerge from systematic search are not technically bizarre. As noted the individual machines could, more often than not, be observed in working practice. Indeed, as will be seen, such observation is an important source of information on sub-technique machine characteristics in different working environments. Where doubts may more legitimately arise is in respect of the co-ordination of the sub-techniques in a 'synthetic' technique which is not already observable as a functioning whole. Co-ordination in this regard may raise questions beyond those of the technical compatability of machines at the different stages of the industrial process. If, for example, labour forces much larger than those encountered in normal practice were to be recommended then the organisation and deployment of these would be a legitimate if difficult area for critical scrutiny. More generally, the degree of doubt attaching to a synthetic technique may depend on how far it departs from the range of normal practice. Thus a technique which combined traditional and modern methods at successive sub-processes might be more reasonably called in question than one comprised of entirely traditional or entirely modern elements.

It is nevertheless, important not to exaggerate the fragility of 'synthetic' techniques which in fact should usually be robust. The method by which they are derived does enforce careful consideration of the inter-relationships among sub-techniques, and should ensure that all relevant factors are taken into account. Moreover, many carefully identified 'synthetic' techniques will not seem in the least strange to an experienced industrial engineer, the more so perhaps since the use of such an engineer in the identification of alternatives is strongly recommended. It is certainly doubtful if many – indeed if any – of the synthetic techniques presented in the case studies below would be readily damned as infeasible.

The methods proposed in this Manual may seem too static to some. At one level there may be nothing more to this than the view that an individual entrepreneur who locks himself into a particular technique now may *ipso facto* frustrate future plans he has for expansion. It is not clear that much weight should be given to this worry. An entrepreneur who wishes to start production now and to expand his output and/or his product range five years from now cannot keep his technical options open for five years. As is noted below, if enough is now known of figure development the project will be defined accordingly and the selection of the appropriate technique should proceed as before. If there is uncertainty about the future – including, for example, the future costs of capital, labour, raw materials and other inputs – then sensitivity analysis can be used as an aid to decision-taking.

Of greater import and complexity is the fear that static choices of technique could lock a country into a pattern of technological development that would be unhelpful in the light of technical progress. Insofar as this means that the widespread use of methods such as those recommended here could result in an unfortunate concentration on labour-intensive techniques, two quick rejoinders are possible. First it is by no means certain that the methods would produce any such result; and, second, the careful choice of labour-intensive techniques has until the present been an important element in the dynamic strategy of a country at one level of development wishing to move to a higher one.

Thus Taiwan in the early 1950s adopted an import substitution policy which was quite similar to that adopted by many other developing countries. While this policy was being followed the population grew by about 3.6 per cent per annum. Manufacturing increased rapidly, imports of consumer goods fell absolutely and relatively, those of capital goods increased markedly, and exports increased modestly. After a decade Taiwan had a large

deficit in international trade and had experienced by modest growth in employment, so that overt unemployment was estimated at 6 and 'underemployment' at some 50 per cent of the labour force. The domestic market remained small, the natural resource base was poor, agriculture had come close to the limit of labour absorption and offered little opportunity for increased exports and for agro-industrial expansion, and the balance of payments constraint restricted the import of capital goods. In these conditions an extension of the existing import substitution policy to cover those consumer goods still being imported and intermediate and capital goods would have been difficult. Instead the policy adopted – in the light of surplus labour and low initial wage rates – focused on the export of labour-intensive manufactured goods with low capital-output ratios. In the event exports, total output and employment increased dramatically and by the mid-1970s full employment has been attained. A somewhat similar story could be told of 19th-20th century Japan and of the Republic of Korea since 1960.[7]

These telling tales do not dispose entirely of doubts induced by consideration of dynamic links between present choices of technique and subsequent technical progress. The view has been taken that contemporary factor prices determine the choice of technique which in turn – by a kind of learning by doing and using – greatly influences the pattern of research and development.[8] Considerably oversimplifying a complex argument, if static choices of technique were in developing countries to result in choices which were more labour- than capital-intensive then, since this is the environment in which challenges would present themselves, technical progress could be expected to consist largely of improvements at the labour-intensive end of the spectrum. Shoud this be cause for concern? That is, is this a likely outcome? And if so should one worry about it?

In judging the likelihood of labour-intensive directed technical progress it should be noted that the view cited was originally advanced in a developed country context – and indeed as part of the continuing debate on the character of historical experience in the United States. It may consequently be less than fully relevant to developing countries where the capacity for research and development is anyways generally thought to be weak. Nevertheless, insofar as a capacity for research and development exists and/or can be developed many would welcome an outcome that saw most of the effort devoted to improving and designing relatively labour-intensive techniques. Moreover there is more to this than the missionary zeal of those who believe that small is always beautiful. In the circumstances of many poor countries labour-intensive processes would probably be more organically grounded than alternatives and so should develop more rapidly and more wholesomely in a number of directions. The use of such processes could create a large and rapidly growing artisan class and thus generate and sustain a demand for education of the kind that underlay the creation of the first technical colleges and mechanics' institutes in the now developed countries. If this demand were to be met it could have an impact, *inter alia*, on technical progress. In saying this it is necessary to recall that technical progress implies a saving in factor use, so that the presumption here is that there would be pressures to develop capital-saving techniques – which it is assumed would also be labour using but still, overall, cost reducing.

Given the above, there would seem to be little cause for dynamic concern if the international division of labour efficiently provides scope for the production of labour-intensive goods for domestic consumption and export in developing countries and if countries can readily enough move up the spectrum as circumstances change. Nevertheless a stubborn critic might still confess to worry in the light of the electronics revolution that is widely thought to be upon us; and in the light of the speed with which that permanent revolution might proceed. Where, might the critic ask, is the scope for the labour-intensive in 'the factory of future'? Where indeed is the scope for technically independent work-stations in the

industrial process which computer-aided design, management and production has reduced to a continuously linked system of transforming inputs into outputs? One first response to these questions is another: where is the factory of the future, and when will it be a general phenomenon even in developed countries? Automation has not yet technically arrived, although it may come sooner rather than later. Technical feasibility is, however, one thing, successful commercial operation another; and there are reasons for thinking that the diffusion of automated techniques will take some time.[9] The markets for labour-intensive products are not going to disappear overnight. Nor is the making of 'sensible' choices of technique within a limited time horizon likely *per se* fatally to inhibit the ability of a country to adapt to changing conditions. The labour-intensive origins of recent and rapid growth in some of the newly-industrializing countries has not prevented them from preparing to 'up-grade' their technological base and their production techniques.

The search for efficient, appropriate techniques is sometimes thought to be constrained by the costs of information. A positive effort is required to identify alternatives to techniques available through established, possibly 'turnkey' channels. This truth of itself says nothing of magnitude and does not allow for the fact that the use of inefficient and hence inappropriate techniques also has its costs which could easily outrun the costs of a successful search for alternatives. Moreover it is possible to exaggerate the costs of search. To obtain the information presented in the second case study in Chapter V below would cost less than one per cent of the fixed capital costs of a single large-scale textile mill.

Nothing which has been said is intended to deny that there are costs in applying the methods of this Manual. These, however, are less than might be supposed and can be shared – with, for example, developed country aid agencies making a contribution. It is probably true that to implement the methods would require institutional provision and would require a capacity – which could be developed – to undertake detailed industry studies. Against this, however, it should not be forgotten that the use of the methods should have considerable benefits, including the externality of acquiring much more precise and detailed knowledge of industrial processes than hitherto.

As has already been noted, the present Manual is largely concerned with techniques capable of manufacturing a well-specified product at a pre-determined level of output. The focus of attention is thus on alternative processes capable of meeting these specifications. This approach has been described as deciding "to take the easy way out", since "most of the real world, both in terms of technology choice and technology change, focuses on product characteristic alternatives".[10] This is a reference to the notion that appropriate products, with minimum rather than maximum characteristics, is as important as that of appropriate techniques. To focus exclusively on the choice of technique is thus perhaps to frustrate the possibly equally or more fruitful search for appropriate products. This emphasis on appropriate products has been in vogue for at least a decade.[11] It is far from clear that the passage of time has strengthened the initial presumption in its favour. Even, however, if the returns to pursuing appropriate products were undeniably high, these would still have to be defined and produced by more or less carefully selected techniques. In the process of selection there would be room for the methods of this Manual, use of which need in no way inhibit the search for alternative products, any more than it need adversely affect research and development.

Much of the early discussion of the choice of technique was in the context of development planning. This is now less strongly in vogue than hitherto and more reliance is being placed – or at least urged – on the private sector and market forces. The question arises whether in the light of this change in emphasis there is need for guidance on the choice of techniques. Here two points seem relevant. First, planning may be less widespread and encourage lower

expectations than before. It has, however, hardly disappeared and many investment decisions in developing countries are public sector ones. Second, even in a competitive private sector, it is difficult to see that useful guidance on **how** – more or less precisely – to organise the search for optimum techniques becomes irrelevant just because the profit motive provides an explation as to **why** the search for an optimum situation should be conducted.

The raison d'être of the Manual lies at one level in the fact that investment decisions are being made every day, so that choices of technique are being made all of the time. In the absence of technological determinism – that is given the existence of options – it is difficult to gainsay the desirability of attempts to make this daily choice better informed and hence more efficient than hitherto.

The modest ambition of the Manual is then to improve the investment decision in developing countries by offering guidance on the identification and appraisal of alternative techniques and *ipso facto* on how to secure, collate and analyse much information and relevance to decision-taking. It is recognized that decisions on the choices of technique must be taken on the basis of imperfect information and that some at least may turn out to have been misguided. But such is life. Perfect foresight is never available, and even the sensitive historian must be mildly haunted by the thought that future research will render obsolete his careful, present reconstruction of the past.

NOTES

1. One investigation of gains from the two sources identified in the text suggests that the respective gains will differ across industries. See, Pickett and Robson, *Efficiency and Technology Choice in Leather and Sugar Manufacturing in Developing Countries*, Livingstone Institute Discussion Paper, No. 1, 1981. The links between efficient use of capital and labour and the choice of technique are complex and insufficiently studied. For a promising attempt to take matters further see, Howard Pack, *Productivity, Technology Choice, and Project Design*, IBRD (mimeo), 1984.
2. D. Turnham, *The Employment Problem in Less Developed Countries*, OECD Development Centre, Paris 1971.
3. For a fuller discussion see L.J. White, "Appropriate Factor Proportions for Manufacturing in Less Developed Countries: A Survey of the Evidence" in Sir A. Robinson (editor), *Appropriate Technologies for Third World Development*, MacMillan, 1979.
4. J. Pickett, "Population, Labour Force and Economic Growth", *The Journal of Modern African Studies*, Vol. 11, No. 4, 1973.
5. See, for example, White *op. cit.* for a review of relevant studies – the number of which has increased since 1979. These include G.K. Boon, *Technology and Employment in Footwear Manufacturing*, Sijthoff and Noordhoff, 1980; G.K. Boon, *Technology transfer in Fibres, Textile and Apparel*, Sijthoff and Noordhoff, 1981; and Aftab and Rahim, *Entry and Survival: The Case of the Tubewell Industry in the Pakistan Punjab*, Livingstone Institute Discussion Paper, No. 4, 1983.
6. G. Ranis, "Appropriate Technologies in the Dual Economy" in Sir A. Robinson, *op.cit.*
7. For an interesting comparison of the Philippines and Taiwan see Ranis *ibid.*
8. A useful more extended discussion of this question is in N. Rosenberg, *The Black Box: Technology and Economics*, CUP, 1983, Chapter 1.
9. As a supplement to this admittedly cavalier treatment of an important and complex topic, see Rosenberg, *ibid*, Chapter 9.
10. Ranis, *op.cit.*
11. See Frances Stewart, "Choice of Technique in Developing Countries", *Journal of Development Studies*, October, 1972.

Chapter II

PROJECT APPRAISAL AND THE CHOICE OF TECHNIQUE

This chapter considers the relationships between the choice of technique and that of a project and, to make the present Manual reasonably self-contained, describes the elements of project appraisal. It is thus concerned with the place of the choice of technique in the investment decision; and with the question of whether this is normally given sufficient emphasis. The process of creating new, or expanding existing, productive capacity is complex, both in its origins and development and in that its consequences largely unfold in an uncertain future. It is a strength and a weakness of project appraisal that it treats lightly the pre-design phases of the project cycle,[1] being concerned to evaluate the effects of a project once the design, including the technical content, has been completed. This concentration, and the attention it has attracted, arguably results in relative neglect of alternative techniques by increasing the (unscrutinized) scope for engineering influence. It is, of course, true that once the engineer has designed a plant, project appraisal should ensue exacting economic and – if relevant – social evaluation of what is proposed. It will less readily ensure that what the engineer suggests is measured against a range of alternatives. As a result of profitable technique may well be chosen by default when an even more profitable and otherwise appropriate one was available for a given product specification and level of output.

Against this background it is convenient first to discuss project choice and that of technique and, second, to describe the salient features of project appraisal.

1. Project choice and the choice of technique

Outside the unreal world of general equilibrium analysis, there could seem to be a circular relationship between the choice of technique and that of a project. Obviously the choice of technique has to be product or industry specific. Assuming, however, that product/industry choices are to be made on economic grounds, such choice could depend on that of technique, since industry costs are a function of the technique chosen. It would, however, be a mistake to make too much of this apparent circularity. In practice, the kinds of products to be produced in particular developing countries are more or less easily identified and manageable in number. It should thus normally be possible to appraise relevant techniques prior to or simultaneously with project appraisal and so obtain something like an optimum mix of products and techniques.

Before considering the link between the appraisal of alternative techniques and that of projects, it is useful to offer some brief, additional, comments on the choice of projects. In this regard it may be noted that few developing countries would expect immediately to be in the business of building nuclear power stations. Nor would it be regarded as 'normal' to find the industrial structure in a country in which income per head was less than, say, US $200 heavily biased toward the production of capital goods. In such a country one would not, however, be

surprised to find relatively much agro-industrial development, comprising the processing of agricultural materials. All of this is to say that the choice of products and industries, and the phasing of industrial development, will bear some, more or less close, relation to the size and character of the market in which production is located. It is, of course, sometimes possible to overcome the size constraint by exporting. Even then, however, the character and content of production will reflect the factor endowments of the country concerned.

Given that factor endowments define production possibilities, and hence levels of income, detailed choice of 'likely' industrial projects can be more or less formally linked to this fact. Thus, it is widely believed that industrial projects in developing countries should be labour-intensive. Some care is needed in interpreting this belief, since the degree of labour-intensity depends on the choice of techniques. Nevertheless, it is possible to classify industries within limits *ab initio* as labour- or capital-intensive. The production of cement and steel bars, for example, would normally be considerably more capital-intensive than that of soap and shirts – even when the latter entails single-shift and the former treble-shift working. The reference to cement, however, is to the modern, rotary-kiln, method of production which is much more capital-intensive than the vertical shaft kiln.

It is often suggested that industries in developing countries should make use of, indeed be based upon, locally available raw materials. Although some caution is again in order, this can be an important consideration. It is evidently so in oil-rich countries. The availability of local cotton can give a boost to textile production, as can that of iron ore and/or coal or oil to iron production. Indeed in the latter case the character of raw materials available will determine the choice of reductant and hence of technique.

The relative absence of capital – physical and human – in developing countries makes them poor and hence of small economic size. Consequently, except where there are export prospects, production is for small markets. It follows from this that, unless they are to be uncompetitive, industries selected should be those in which economies of scale are small.

On the assumption that industry choice generally reflects factor endowments and so income levels, it is reasonable for the formally-minded to seek to obtain guidance to what the industrial pattern should be in a particular country from a cross-section analysis of what it is in a large number of countries.[2] Thus, assuming the production function

$$\log V = k + a \log Y + b \operatorname{Log} P \quad \ldots\ldots \quad (1),$$

it follows that

$$dV/V = a.dY/Y + b.dP/P \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2),$$

where V = value added by an industry; Y = per capita GDP;
and P = population.

As may be seen from (2), *b* measures the elasticity of production with respect to size, and *a* elasticity with respect to growth. Both may be estimated, using (1), for the different industries by regression analysis of actual patterns of industrial production. Once *a* and *b* have been estimated, it is relatively easy to calculate the 'desirable' distribution of industries for a specific country with a given population and income per head.

The foregoing discussion does not do full justice to the range and sophistication of methods of project selection. Moreover, whether candidate projects are selected by broad rules of thumb or by more rigorous means, much more investigation and detail is needed before they are ready for appraisal. The discussion has, however, served its purpose of supporting the view that it is not a matter of insuperable difficulty to identify plausible projects in developing countries. It has thus arrived at the point where project appraisal becomes relevant. It is consequently time to turn to the link between such appraisal and the choice of technique.

In one succinct definition, project analysis is taken as a "method of selecting investments for their ability to contribute to a social welfare function". The selected projects are those that use scarce factors of production most efficiently and thus maximize the value of the objective function.[3] This way of putting it has the advantage of making it clear that projects are to be selected in the light of their capacity to serve the national interest. Defining that interest and measuring the extent to which it is being served are formidable and complex undertakings. It is, therefore, easy to see why the authors of books on project appraisal would find themselves fully occupied in defining the objective function, identifying benefits and costs, and wrestling with shadow prices, the choice of the discount rate and the distinctions between and justifications for financial, economic and social analysis. Being thus occupied, they understandably begin their analysis where the engineer has left off, and so seem to offer guidance on the economic evaluation of a project for which the technique to be used has already been chosen.

Whatever the reason it is certainly a fact that most standard works on project appraisal are light in their treatment of the choice of technique. Thus neither the word technique nor the word technology appears in the index of one of the first and most influential manuals;[4] and subsequent texts have changed little in this respect. This neglect can be justified on the assumption that sound technical analysis has preceded the economic evaluation and has thereby narrowed the choice to but a few feasible techniques. If the assumption is false, then the danger, referred to above, that project appraisal might validate 'inappropriate' choices of technique is real, so that there is a potentially dangerous gap to be filled if the number of usable alternatives is greater than is normally, if implicitly, assumed.

In considering whether project engineering leaves something to be desired, it is pertinent to recall that the convention that the engineer will have done his work before the economist takes over is one of long-standing and one that is deeply embodied in economic analysis. In the elementary theory of production engineering choices are represented by the production isoquant. This assumes that the engineer has identified all of the (technically efficient) ways of producing a well-specified product at a given level of output. The task of the economist is then, by the application of factor prices, to make the best choice from among the engineer's complete set of alternatives. In this way, as Schumpeter has it, "in practical life we observe that the technical element must submit when it collides with the economic".[5] Schumpeter recognizes that the physical content of production has problems and a logic of its own, and that "constantly to think these through – first of all without considering the economic, and finally decisive factor – is the purport of technology".[6] This process is to be welcomed because "measures will be worked out ready for the time when they become advantageous. And it is also useful to be constantly putting the ideal beside the actual so that the possibilities are passed by, not out of ignorance, but on well-considered economic grounds".[7]

Schumpeter clearly had in mind a certain time phasing of technical progress and economic appropriateness, an expectation that economically acceptable techniques would become more sophisticated through time. Such a view is consistent with developed country historical experiences and the mores of the engineer. It is not so evidently consistent with the notion that the contemporary engineer can be relied upon to provide a full set of alternative techniques when designing factories to be located in developing countries. In this regard, the trouble with the engineer – as Schumpeter himself put it – is that he is professionally driven by "the half-artistic joy in technically perfecting the productive apparatus".[8] Give an engineer a machine and his instinct is to improve it; give him a plant and his instinct is to automate it. This is the thrust of his professional training. His interest is in technical efficiency – in extracting the maximum amount of sucrose from a given input of sugar cane; and from this standpoint machines are often more efficient than men.

It follows from this that, left to himself, the engineer is not well-prepared to specify alternative methods of production for use in developing countries. This gives rise to a serious weakness in the process by which projects are identified, worked-up, appraised and implemented. As one fairly recent work puts it, "despite the volumes that have been written in recent years on economic project appraisal, good engineering analysis that presents well-considered alternatives is still probably the most important part of project preparation and is still far from common".[9]

How is this situation to be remedied? A start could be made by decision-takers or decision-taking agencies tightening up their specifications by calling explicitly for detailed presentation of alternative production methods. This would, however, leave unanswered questions about the evaluation of the alternatives thus identified. How would this be done? When would it be done – before, or as part of, project evaluation itself? In this regard it has been suggested that the design of projects would be improved "if engineers are instructed to work with shadow prices in calculating costs and benefits", since "this would lead them to select technologies that are more appropriate, given factor scarcities".[10]

There are difficulties with this. Engineers are often involved in the investment decision and do, if casually, apply shadow pricing. They do this, however, to a limited range of options at the capital-intensive end of the spectrum.[11] Thus although shadow pricing may result in a better choice than would have been made in its absence, the 'appropriateness' of the choice is still constrained by the narrowness of the range from which it is made. Moreover, it is not clear that engineers *qua* engineers should be choosing among alternatives on the basis of economic appraisal – which is what the application of factor prices is. Nor is it clear how this choice of techniques fits into overall economic appraisal.

Largely on the basis of a single study of a single country,[12] the scope for engineering constraint on the choice of technique is widely thought to depend on the degree of competition in the industry. Where this is high, the pressures on decision-takers to choose techniques that make the most efficient use of available resources will presumably be transmitted to engineers. There is no doubt something to this. Widespread competition is not, however, a pervasive feature of developing economies; and it is probably nowhere sufficiently strong *ipso facto* to ensure a wide specification of technical alternatives prior to choice. This is particularly so since managers as a class tend to have their own set of shadow prices which puts a premium on the use of labour. Thus even in a competitive environment the bias of the engineer could be widely welcomed.

Running through the present discussion has been the implication that the investment decision requires the fusion of the engineering and the economic. In project appraisal, as has been seen, this takes place sequentially; pre-selected engineering data are submitted to economic evaluation. Yet the pre-selection – whether based wholly on technical grounds or stretched to include casual economics – carries with it substantial dangers. For this reason the approach of the present Manual is to achieve the desired fusion by integrating the choice of technique into the process of project appraisal. Thus, for example, once the decision has been taken to consider setting up a textile mill to produce a specific annual output of cotton cloth the choice of technique by which this is to be done does not so much precede but becomes part of the project appraisal. Elaborating on this is the task of most of the remainder of this work. In the meantime it may be noted that the methods of project appraisal which are used to appraise a given technique also serve to choose from among alternatives. It is consequently now convenient to turn to the elements of project appraisal.

Before doing so it is worth – at the risk of repetition – considering in somewhat more detail the role of the engineer. In this regard it should be recalled that Schumpeter's strong, if oversimplified, distinction between the technical and the economic has been used to create a

presumption that, left to him- or herself, the modern engineer will invoke a narrow range of techniques from the capital-intensive end of the spectrum. Again to oversimplify, if the engineer could be persuaded to broaden the range of techniques proposed for economic consideration, and if the economist were then critically to evaluate all of the techniques comprised in this broader set, then all would be well – or at least very much better than at present. In seeking thus to improve matters, the difficulty – it must be supposed – lies mainly with the engineer. Whether received in a developed or a developing country institution, a modern engineering education does instil in its recipients a strong regard, as it were, for best-practice techniques and a strong desire to improve upon them. Against this the minimum need in the present context is for as complete a specification as possible of extant techniques – always, of course, in relation to a specific project – including those that are notably not best-practice. This presents a challenge to the engineers' professional pride and creativity. It is, of course, important to society that engineers should experience job satisfaction and be encouraged to make what contribution they can to technical progress. Given this it is tempting to see a need for substantial modification in the education of engineers who will work on developing country projects. Such drastic action is, however, neither very feasible nor, fortunately, necessary. What is needed is to make the engineers aware of the need for fuller specification – something that might be achieved by drawing their attention to it (perhaps through some modification and/or amplification of the curriculum in engineering schools). The main responsibility rests, however, with the decision taker. The problem with the engineer is attitude of mind not some technical inability to catalogue extant techniques. If requested to provide a more or less complete specification of alternatives, the modern engineer should be willing and able to do so.

2. The elements of project appraisal

It is obviously not the purpose of this section to provide a comprehensive exposition of project appraisal, on which much has been written.[13] Indeed it is not even the intention to offer an extensive introduction to this topic. The aim is simply to cover the bare elements of project appraisal since an understanding of these is necessary to an understanding of the methodology used to evaluate alternative techniques. In the light of this limitation it should be stated that any degree of rigour, comprehensiveness and sophistication available to a decision-taker under the rubric of project appraisal is equally available when it comes to the choice of technique.

The purpose of project appraisal is to pass judgement on the desirability of implementing a project or projects under scrutiny, or of determining which, if any, of a number of mutually-exclusive projects should be implemented. Invariably the evaluation of costs and benefits is involved, and projects are approved only if the benefit-cost ratio is favourable. Project appraisal can thus be said to comprise four main elements: the definition of costs and benefits; the measurement of these; making costs and benefits incurred or accruing at different points in time commensurate; and disagreement under each of these headings, with much but not all depending on the viewpoint. Thus both the scope and measurement of costs and benefits would normally differ for projects undertaken by private and public enterprises respectively. In this regard, financial, economic and social cost-benefit analysis are sometimes distinguished. Financial analysis are sometimes distinguished. Financial analysis is appropriate to the private firm (and, more generally, to a perfectly competitive economy) and deals only with benefits and costs that would usually figure in the financial accounts of the enterprise. Moreover these are measured at market prices – that is at whatever the selling prices of final goods, the cost of raw materials and the wages of the labour happen to be.

Economic analysis – reflecting the interest of society as a whole – could seek on the other hand to identify all of the costs (regardless of who incurs them) and all of the benefits (regardless of to whom these accrue) associated with a project, and seek to measure these at their 'true' economic worth. Thus, for example, the inputs of a project are valued at their opportunity cost. If a worker newly arrived in an urban area from a rural one finds employment in a biscuit factory, the cost to society of this engagement is the fall in agricultural output caused by this act of migration. For a number of reasons, the market wage rate could diverge from this, so that it is necessary to use a 'shadow' price for labour to obtain an economic measure of its worth.

Among reasons for going beyond economic to social cost-benefit analysis are concern with the savings rate and personal and regional income distribution. Whether project appraisal should carry the burdens of these concerns is a controversial matter, with something depending on the view that one takes of a government's ability to influence savings and income distribution independently of the choice and location of projects.

Whatever view is taken of this (and other controversial matters), there is no doubting that, because the consequences of present decisions unfold in the future, all investment decisions carry an element of risk. One way in which allowance can be made for this is through the use of sensitivity analysis – repeating the calculation of benefits and costs for different (and 'pessimistic') value of key variables. The same technique can be used as a surrogate for shadow pricing.

These general features of project appraisal registered, it is now possible to illustrate the essence of the evaluation method. To do this, it is convenient to work with the most simple case.

In this, investment (which mainly comprises plant and equipment) takes place at the beginning of a project life at which time capacity operation is instantaneously reached. Benefits (sales revenues) and costs (wages, raw materials etc.) flow uniformly throughout the project life, at the end of which the whole enterprise collapses without re-sale value.

Among economists it is now accepted that the surplus from a project is the best measure of acceptability and that this is best estimated by discounting techniques. Assume that K = 1 000; R = 250; C = 120 where K is investment, R annual revenues and C annual operating costs associated with a twenty-year project. A project profile may be set out thus:

YEAR	0	1	2	3	4	.....	20
R-C	–1 000	130	130	130	130	.....	130

The first question which arises is how to compare the cash flows of the various years in a way that takes account of the time value of money.

If a financial investment of US $100 is made today at 10 per cent, then

US $100 × 1.10 = US $110 (after 1 year)

US $100 × 1.10 × 1.10 = US $121 (after 2 years)

and so on.

The interest rate recognizes that US $ 100 now is worth more than US $ 100 one year hence and more again than US $ 100 two years hence and so on. *Ipso facto*, it follows that US $ 121 two years hence is worth less than this now. Thus:

$$\text{US \$121} \times \frac{(1)}{(1.1)} \times \frac{(1)}{(1.1)} = \text{US \$100}$$

From this it may be seen that the general formula for the present value of a twenty-year cash flow is

$$\frac{(R-C)_1}{(1+r)} + \frac{(R-C)_2}{(1+r)^2} + \frac{(R-C)_3}{(1+r)^3} + \ldots \frac{(R-C)_{20}}{(1+r)^{20}}$$

and more generally,

$$PV = \sum_{t=1}^{t=n} \left[\frac{(R-C)_t}{(1+r)^t}\right]$$

where r = the discount rate, and n = the period length.

With a discount rate of 10 per cent, the present value of the annual cash flows (US $130) of the illustrative profile above is US $1 106.69. This represents the gross present value of the project. The net present value is this amount diminished by the (present) value of capital invested, so that:

NPV = GPV-k
= US $1 106.69-US $1 000
= US $1 106.69

Assuming that a firm can borrow or (in the financial sense) invest money at 10 per cent, then a positive net present value for a project with a discount rate of 10 per cent indicates that the project is profitable – because it either *(a)* measures the sum left over after the initial amount borrowed has been paid back – capital and interest; or *(b)* measures the extent to which the return from the project exceeds that obtainable by investing in the money market.

Consider a project – which for convenience of illustration is confined to four years – with the following features:

YEAR	0	1	2	3	4
(R-C)	–800	+400	+400	+400	+400
(R-C) discounted 10 per cent in Year 0	–800	+363.6	+330.6	+300.5	+273.2

so that:

NPV = US $1 268-US $800 = US $468

It should be noted that the rate of discount chosen, 10 per cent, assumes that the annual flow of US $400 generated by the project could be financially invested and earn a return of 10 per cent per annum. Given the above profile, the value of such investment at the end of the project – i.e. at the end of the fourth year is US $1 856. This is the gross terminal value of the project. If the US $800 invested in the project were to be financially invested for the project period, it would be worth US $1 172, so that the net terminal value of the project is US $684. Discounting this at 10 per cent over four years gives US $468. It is thus seen that the net present and terminal values are formally identical.

Now consider what would happen if the sum of US $1 268 were to be placed in an interest-bearing account for a four-year period. Assume also that, during this time, money left

in the account earns interest at an annual rate of 10 per cent and that the depositor withdraws US $400 at the end of each year. The resultant outcome can be tabulated as follows:

	US $
Initial deposit	1 268
Interest for 1 YEAR	127
Balance at end of YEAR 1	1 395
Withdrawal	400
Balance at beginning of YEAR 2	995
Interest for the year	99
Balance at the end of YEAR 2	1 094
Withdrawal	400
Balance at beginning of YEAR 3	694
Interest for the year	70
Balance at the end of YEAR 3	764
Withdrawal	400
Balance at beginning of YEAR 4	364
Interest for the year	36
Balance at the end of YEAR 4	400
Withdrawal	400

Thus a sum of US $1 268 invested at 10 per cent for a four-year period has generated a cash flow for the investor of US $400 in each of the four years. The above project does the same thing for US $800, so that the NPV is the measure of the surplus the firm makes over and above what it could have earned by making a financial investment. It has to be noted that, since the difference between GPV and NPV is K, the initial investment, the calculation automatically allows for the recovery of K. Since the purpose of depreciation is to maintain capital 'intact', it follows that no additional provision need be made in this respect.

The internal rate of return (IRR) is the rate of return on capital invested for as long as it is invested, after making allowance for recovery of the initial investment. Like NPV, the IRR is a discounting criterion. If the IRR is 10 per cent, its significance may be illustrated by again considering a four-year project with an initial investment of US $5 000 and annual cash flows of US $1 577. These assumptions give rise to the following tabulation:

In US $

	Capital Outstanding	Cash Flow	10% interest on K	Capital Repayment
	(1)	(2)	(3)	(4)
YEAR 1	5 000	1 577	500	1 077
YEAR 2	3 923	1 577	392	1 185
YEAR 3	2 738	1 577	273	1 304
YEAR 4	1 434	1 577	143	1 434
YEAR 5	NONE			

From this tabulation it can be seen that 10 per cent interest has been charged annually on capital outstanding, and that the annual cash flows have been used first to meet relevant

interest payments and then to repay capital. Since the capital repayments sum to US $5 000, it is obvious that by the end of the period the cash flows have proved sufficient to meet the interest due on outstanding capital and to repay the initial investment. It is also obvious again that, since this initial investment is fully recouped, there is no need to make separate provision in discounted cash flow calculations for depreciation.

It is instructive to reconsider the data for the illustrative project in the same form as that used earlier. Thus:

YEAR	0	1	2	3	4
(R-C)	–5 000	1 577	1 577	1 577	1 577
(R-C) discounted 10 per cent in Year 0	–5 000	1 434	1 303	1 185	1 078

so that as before:

NPV = GPV-K
= US $5 000-US $5 000
= 0

Hence it is seen that the IRR is that rate of discount which makes NPV = 0.

In the light of what has been said two decision rules may be derived:

a) Accept all projects with a positive NPV at a given cost of capital (discount rate);
b) Accept all projects with an IRR greater than the cost of capital.

Since the IRR is that rate of discount which makes NPV zero, a positive NPV indicates that the discount rate used must have been less than the IRR. It thus seems as if the two decision rules would give the same results. Often they do, but not always. It is, therefore, useful to have some guidance on which is the most preferable of the two measures.

The use of IRR is justified by the fact that 'businessmen' are more accustomed to thinking in terms of rates of return than of absolute surpluses. It is also sometimes argued that use of IRR facilitates judgement of risk. If the IRR of a project is 15.75 per cent and the cost of borrowing money is 15 per cent, there is little room for error and the project is evidently risky – a fact which would not be so immediately obvious from the calculation of NPV.

The IRR has, however, unhelpful mathematical properties. Even when steps are taken to overcome these, the 'extended' IRR could give a wrong signal in a case of particular relevance to the choice of technique, that of mutually exclusive projects.

Suppose that a machine-intensive technique (X) and a labour-intensive technique (Y) require respective initial investments of US $1 500 and US $450, and that, at a discount rate of 10 per cent, the following results apply:

	NPV	IRR
Project X	200	20%
Project Y	140	25%

Considered separately each project would be acceptable in accordance with each of the two decision rules. If, however, the techniques in question are being considered as alternative ways of undertaking the same project they cannot be considered separately but have to be seen as competitors of which only one can be chosen. In this circumstances the decision criteria

conflict. If the IRR is used, technique Y will be selected; and if NPV is used, technique X will be preferred. Since NPV is a measure of the surplus generated by a project, and IRR is not, the former is the appropriate criterion. The IRR criterion indicates that one should prefer 25 per cent of US $450 (US $112.50) to 20 per cent of US $1 500 (US $300), which does not seem sensible. Recalling that the logic of the relevant calculation provides for interest and capital repayment, it would – provided the larger sum of money can be borrowed at a rate no higher than that which applies to the smaller sum – be desirable to go for the higher absolute return.

As between the two criteria considered so far, NPV is generally to be preferred. This remains true as long as funds are freely available at a given rate of interest. If the availability of funds is constrained then there are problems beyond those already discussed. In the interests of brevity a capital rationing situation may be defined as one in which available investible funds are less than those required to finance all of the projects available with positive NPVs (at a given discount rate). In this circumstance, it is tempting to rank order projects according to the absolute size of NPV and undertake as many as are required on this basis to exhaust the available funds. Unfortunately it can readily be shown that using NPV as a criterion in this way can give wrong results. It can also be shown that a rigorous solution to the capital rationing problem requires recourse to mathematical programming. To pursue this theme here would complicate matters unnecessarily and go well beyond the chosen level of exposition. One widely recommended solution to the problem is to rank projects according to the surplus per unit of capital employed (NPV/K). Given that the problem lies in capital scarcity the rationale of this approach is obvious. It is difficult to defend in a rigourous way, but it does give better results than rank ordering according to NPV.[14]

The limited aims of this presentation of project appraisal bear repeated emphasis. It can also be recognized that the detail of the presentation has more the flavour of financial than economic or social cost benefit analysis. Some rather large questions have consequently been avoided, including that of the determination of the discount rate. The justification for the approach adopted is its simplicity. Moreover, what also bears repeating is the initial observation that, in effect, any user of this Manual is free to apply project appraisal methods of his or her choice, and that he or she can do this with the same degree of relevance and ease (or difficulty) to the choice of technique as to more conventional project appraisal.

NOTES

1. The weaknesses are discussed below. It is a strength because it simplifies the procedures. As will be seen, however, the cost of simplificaton is high.
2. Attempts to discover uniformities in economic behaviour by means of cross country comparison have a long history. Within the field of development much work in this regard has been done by Simon Kuznets and Hollis Chenery. For an instructive sample of studies of this kind see Chenery and Syrquin, *Patterns of Development*, 1950-1970, OUP, 1975.
3. Roemer and Stern, *Cases in Economic Development*, Butterworths, Part III, 1980.
4. Little and Mirrless, *Manual of Industrial Project Analysis*, Vol. 2, OECD, Paris, 1969.
5. J.A. Schumpeter, *The Theory of Industrial Development*, HUP, 1955.
6. *Ibid.*
7. *Ibid.* It may be argued that Schumpeter oversimplifies – or more precisely overdraws the distinction between the economic and the technical. His overstatement has, however, wide appeal and helps, as noted in the text, explain the character of production theory.
8. *Ibid.*
9. J.R. Hansen, *UNIDO Guide to Practical Project Appraisal*, UN, New York, 1978.
10. UNIDO, *Manual for the Preparation of Industrial Feasibility Studies*, UN, New York, 1978, Ch. VI.
11. This follows from what has been said above about the mores of the engineer.
12. L.T. Wells, "Economic Man and Engineering Man: Choice in a Low Wage Country", *Public Policy*, Vol. 21, 1973.
13. The two most widely quoted works are: Little and Mirrless, *Project Appraisal and Planning for the Developing Countries*, Heinemann Educational Books, London, 1974 (a revised version of Little and Mirrless op.cit) and UNIDO *Guidelines for Project Evaluation*, UN, New York, 1972. Also popular is Squire and van der Tak, *Economic Analysis of Projects*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 1975. A brief but useful introduction is Hawkins and Pearce, *Capital Investment Appraisal*, MacMillan, London, 1971. Another recent and useful introduction which gives due weight to political and administrative matters is Bridger and Winpenny, *Planning Development Projects*, HMSO, London, 1983.
14. For a more detailed but still elementary discussion see J. Pickett, *A Pilot Investigation of the Choice of Technology in Developing Countries*, University of Strathclyde, 1975, Chapter III.

Chapter III

THE IDENTIFICATION OF ALTERNATIVE TECHNIQUES

This chapter deals with the identification of alternative techniques capable of producing a well-specified product (or product range) at pre-determined levels of output. Manufacturing involves a combination of machines and staffing located in suitable premises and supplied with raw materials and energy. Each arrangement of this kind is an industrial technique. Central to the present work is the belief that there will be more than one such technique available for each and every product and scale choice.

In the light of the importance thus attached to the existence of alternatives it is necessary to establish that options are normally available. In this regard it is not sufficient to show – as many would be prepared to accept without much demonstration – that there are different techniques suitable for large-scale production of single products and long runs, on the one hand, and for small-scale and varied production on the other. The challenge is to convince that there are choices of technique for each given product and scale. That there are such choices is an assumption of the conventional theory of production, so that the production isoquant postulates a continuously variable set of techniques (associated with continuously variable capital-labour ratios). This convenient assumption has, however, been challenged. Thus Salter believed that actual choices open to decision-takers comprise a "relatively narrow range... [that] exemplified by the machines on the market".[1] Eckaus, reflecting a widely-held view, also thought that scope for choice was strictly limited, and saw what flexibility there was as coming from the choice of products or process.[2] And Mrs. Frances Stewart has, because of the historical character of technical progress, flatly stated that "to assume that techniques of varying labour and capital intensity exist which produce the same product does not make sense".[3]

It is always dangerous to answer empirical questions in an *a priori* way; and – as has been seen in Chapter 1 – the strongest reason for behaving as if alternative techniques are available is that empirical investigation shows this to be so. Thus, without unduly anticipating what is to follow, reference may be made to the production of cotton cloth of similar quality by different methods. A limited investigation of the extant technical possibilities identified 256 alternative techniques, from which it was possible to choose seven efficient techniques to represent points on an isoquant (and to show how the number of such points could be readily increased).[4] The meaning of efficiency in this context and some of the limitations of the concept are discussed more fully below. Here it suffices to note that the range of capital-labour ratios represented by the seven techniques was US $9 700 to US $29 500 per man, so that even this limited number of alternatives would be worth scrutiny.

It is easily possible to multiply examples of the reality of considerable choice. Thus in the production of 28 million yards of gray cotton cloth (20/20 English count) it can easily be shown that the number of techniques available is upwards of 2 000; and that the corresponding choice in the annual manufacture of 300 000 pairs of men's shoes with leather

uppers and cemented-on synthetic soles runs into millions.[5] It bears stressing that the alternatives in question are confined to the non-ludicrous. The number of manufacturing possibilities would always be greatly increased by considering all receivable variations. Thus, for example, a shoe factory in Ethiopia could get its electricity supply from the national grid. The supply could also come from a generating station built at the factory. The output of this station could be that needed by the factory, the region in which it is located, or the continent. The factory-specific station could moreover be oil- or coal-fired or based on nuclear power. The barest knowledge of the Ethiopian economy serves to make clear that it would be economically ludicrous for any Ethiopian shoe factory to have its own generating station. The textile and footwear alternatives invoked above are not so readily dismissed.

Given that alternatives exist, how are they to be found? Since the answer to this question flows directly from the nature of industrial processes, it is useful to provide it in two stages: indirectly by considering the logic of such processes, and, then directly by the specification of a more formal search mechanism.

1. Industrial Processes

Industrial processes may be variously classified. Thus, many industrial activities in developing countries result in the production of a single, more or less homogenous, product such as normal Portland cement, bricks, lager beer and mill-white sugar. Other activities, like textile manufacture or engineering batch production of nuts and bolts, produce varied specifications seriatim. The distinguishing feature here is the size and character of the market. It would, for example, not normally be sensible for a firm to produce a bolt of one length and diameter. It could, however, happen that a textile mill would find it profitable to concentrate on a single product line. The distinction between single-product and other firms is not strongly relevant to the identification of alternative techniques, although in batch production the techniques in question would have to be capable of producing relevant product mixes. Again if an investor has firm plans for expanding productive capacity the initial consideration of techniques would be confined to those which could allow expansion.

The process of manufacture will often start with a principal raw material, that is a product of agriculture or mining, and proceed to the finished product for final use. Obvious examples are the making of cotton cloth from raw cotton and of steel from iron ore. In other cases manufacture may start with an intermediate product and submit this to further processing, as in the production of cotton textiles from cotton yarn and worsted yarn from wool tops. It would be unusual, however, for the manufacturer of nuts and bolts to make the steel bar he requires and still more so for the manufacturer of lead accumulators to make the lead. This is a matter of specialisation arising from differences in scale and differences in skill. In a similar way, a developing country with a favourable raw materials situation could supply semi-finished products to developed countries. Thus wool tops come from Uruguay, iron powder or steel billets from Southern Africa, and raw sugar for refining from cane growers in a number of developing countries.

It is implicit in this that the process of manufacture can always be divided into stages. Moreover in addition to the differences separating one stage from another there will normally be more than one technique which can be used at each stage. The total number of available techniques can therefore be usually expected to be very large. This number may be reduced when the method selected at one stage governs selection at a subsequent or even at a preceding stage. The use of open-end spinning in textile manufacture, for example, eliminates the roving stage; again, if open-end spinning is selected then an automatic draw frame different from the conventional draw frame must be used at the drawing stage. Similarly in brick manufacture

clay moulded by hand on the floor will not be strong enough to withstand any other drying treatment than lying to be dried by the sun. Conversely, of course, it is possible to design integrated machines which will combine two or more stages. This can be done in bolt manufacture to integrate cropping, heading, trimming, extrusion and rolling, all of which can be performed separately. More generally mechanical devices can always be invented to move material from one stage to the next although such an arrangement is less flexible and much more expensive in terms of capital cost than alternatives.

It is of course theoretically possible to combine all the stages of production into one continuous process by automating (by means of conveyors) the flow of material from one stage to the next. In fact at least one cotton spinning mill in Japan operates in this way. Such a procedure however is inflexible. A change in the final product throws it out of balance and a stoppage at one stage brings the whole production process to a halt. A less integrated method would allow stock to be conveniently accumulated at one stage before proceeding to the next. Thus in cotton spinning the laps from the opening room may be stored instead of proceeding immediately to the cards. Another advantage of stages is that they provide a suitable means of widening the range produced by inserting an imported component – imported plastic soles in shoe manufacture, for example, or imported man-made fibre in a blended yarn. On the other hand certain stages can be economically integrated. A case in point is a cotton spinning mill where the material is pneumatically transferred from bale to lap.

The general presumption is that alternative methods of production are available at each stage. This is a sweeping statement which, as has already been implied, can be empirically supported. It also follows from the fact that technical progress is unceasing both in the improvement of existing machines and in their replacement by new ones. Improvement and replacement almost invariably result in an increase in speed and in the degree of automation. The improved automatic loom for weaving, for example, is faster and requires less labour than improved ring-spinning, with an open-end rotor spinning at four or five times the rate of a ring spindle. Similarly, an air-jet looms weaves twice as quickly as the improved automatic loom (although it wastes more cloth in the process). Again, the hot forging process used in bolt and nut manufacture is much faster than it was, and the relatively new cold forming process is several times faster still.

New machines often cost more than older ones, certainly for a (possibly extended) initial period. They may also have a higher requirement for skilled labour and, as has been noted, be somewhat more profligate in their use of materials. For reasons of this kind improved and new machines never completely and instantaneously displace pre-existing equipment. For considerable periods of time what they do is to increase the range of choice.

Where progress increases technical economies of scale it can limit choice. Even here, however, it will not do so uniformly across stages. If economies of scale are so great as to lead manufacturers to produce only one machine (or range of machines) in order to capture these, or where scale economies dictate the choice of the largest processing vessel in, for example, the chemical and metallurgical industries, then there will effectively be only one option at the relevant stage. Alternatives will, however, be available at other stages. Where this situation applies, the scale of operation for the plant will, if possible, be that which utilizes fully the machine at the stage with the greatest capacity – the opening range in cotton textiles, for example, or the firing kiln in brick making.

The observation that industrial processes may be broken down into stages may be an obvious one. It is not, however, a trivial one. It provides the basis for a comparatively simple but effective method for organising technical information so as to identify alternative techniques. It also, with considerable economy of effort, makes possible the economic evaluation of alternatives.

2. The Identification of Alternatives

It follows from what has been said that the identification of alternative techniques in any particular case requires a knowledge of the relevant industrial process or processes. How, short of spending a lifetime in industry, is such knowledge to be acquired? On investigation, a great deal of information is available from at least four broad sources. From libraries much may be learned by consulting encyclopedias and the technical literature. The Encyclopedia Britannica, for example, would normally yield a sound understanding of the main industrial processes and identify the main stages of these. This understanding can be greatly expended from a study of technical texts. This work is probably most efficiently done by a technologist, particularly one with experience of the industry in question. (If such a person is not available to undertake the work consultation with a competent technologist should probably be added to the present list as a fifth source of knowledge.

There are a number of institutional sources of information, including Trade Associations. The latter are more common in developed than in developing countries, so that their knowledge may be somewhat incomplete. Other agencies, particularly international and bilateral technical assistance bodies, are explicitly concerned with developing countries. Thus, UNIDO regularly produces pertinent documents, including a series on appropriate techniques; UNDIO and ILO have jointly produced technical memoranda which scrutinize alternative ways of manufacturing various products; and the EEC-ACP Centre for Industrial Development has produced inventories of 'adapted' technologies at small-scale.

From library reading and institutional contact it is possible to identify at least the main manufacturers of capital goods. Subsequent contact with them can be fruitful and important. As in textiles, the developing countries sometimes provide the main market for developed country equipment makers. Production is consequently more or less geared to this market, so that the information available from the capital goods manufacturers is developing country specific – at least within the range of equipment supplied. This is helpful in, for example, obtaining realistic estimates of manning requirements for particular machines. The capital goods firms often keep records of machine performance, and can additionally be sources of information on quality requirements – standards of safety in the production of engineering goods, and of hygiene in food products.

The importance of the equipment manufacturers is that – in a significant sense – they are the source of alternative techniques. It is consequently necessary to ensure that contact with them is reasonably comprehensive. This is not the same as saying that every firm in the industry should be approached. The point being made is best made by example. The automatic loom used in weaving cotton cloth is made by firms in a number of European countries, Japan and the United States. It is also made in India and China. Producers in developed market economies will vary in their costs of production, delivery dates and so on. They might also have (marginal) differences in product specifications. The looms made in India and China will have more significant differences than those observable among the developed country looms. In particular the construction of the former may be less robust than the latter, and so have shorter life. The non-Japanese Asian looms, the Japanese looms and those produced in Europe, say, represent alternative techniques. It is therefore important to make sure that information collected is sufficiently comprehensive to permit these alternatives to be identified, since differences among these groups are likely to be greater than differences within them.

A related point should be noted. In the light of technical progress, the range of equipment on offer is more or less constantly changing. New machines are added to production, others become, or are regarded as, obsolete and cease to be produced. Without going deeply into the

question of how (developed country) technical progress affects developing country choice of technique, it may be assumed that, at any point in time, the range of goods produced by the capital goods industry in a developed market economy will be more 'sophisticated' than that made by an LDC equipment manufacturer. Hand looms, for example, are no longer available in quantity in the developed world, so that a comprehensive search for alternative textile techniques would have to include India.

One look, runs a Japanese saying, is worth a thousand hearings. Certainly in the present context it would be difficult to overestimate the value of visits to operating factories. Among other things a factory visit makes it possible to visualize an industrial process and to obtain an impression of the major production problems associated with it. Such impression is likely to vary from factory to factory, so that for this and other reasons it is desirable to make a number of factory visits – preferably spanning several technology vintages. Moreover visits to already existing factories in a given country are indispensable – because of the insight gained into actual operating conditions in the industry/country – where the project under consideration is that of establishing another factory in the same line of business.

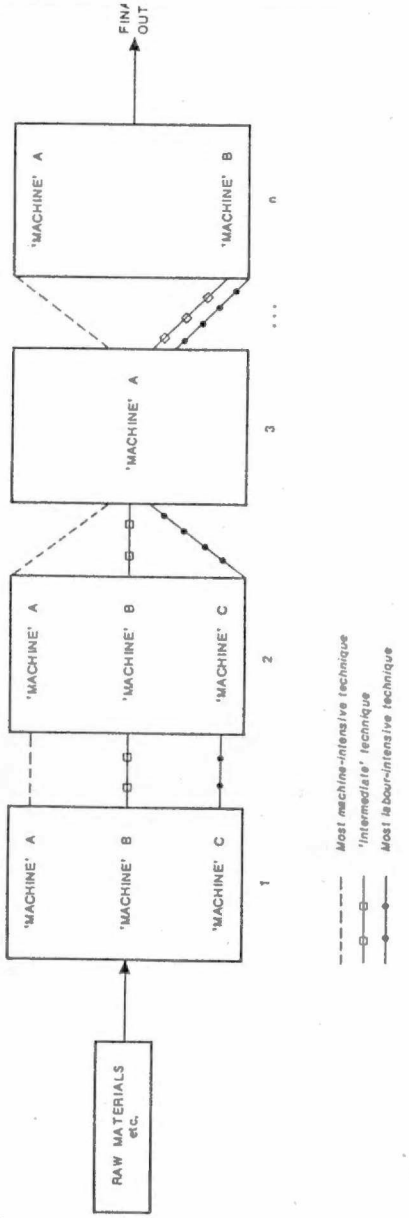
For convenience of exposition, the foregoing discussion has described various sources as technical. It is obvious, however, that some of them should also yield economic and social data. It is still, nevertheless, the case that systematic tapping of the suggested sources should yield mainly a mass of technical information.

The task on hand then is to organise this so as to identify a range of techniques (for each project being considered) that are thought to be usuable in developing country conditions. The recommended way of proceeding may be formally illustrated. As will be seen, it invokes a distinction between observed and 'synthetic' techniques. This distinction is in turn based on the perception that, as already emphasized, industrial processes may normally be broken down into stages. The meaning of 'synthetic' in the context is made clear below. Here it should be noted that such techniques are realistic in that they are based on existing practices, and in that account is taken of links among different stages.

A production process, in general, consists of a number of separate, identifiable operations or sub-processes and these sub-processes may be performed by different methods or sub-techniques. (In the brewing of beer, the intake of raw materials, fermentation and beer filtration may be mentioned as examples of separate sub-processes that can be carried out by different sub-techniques.) All of these sub-processes in the right sequence make up the production process, and a combination of sub-techniques forms a complete technique for that process. A sub-technique is specified by a combination of inputs, some 'fixed' or 'stocks', such as equipment and tools that last over the whole or part of the life of the project, and others, 'flows', such as labour services and materials.

It may be supposed that for a given industrial process two techniques are to be seen in use, each comprising three separate and technically independent sub-techniques, A, B, C, corresponding to three sub-processes. These two techniques and their sub-techniques may be represented as follows: $A_1 \longrightarrow B_1 \longrightarrow C_1$; and $A_2 \longrightarrow B_2 \longrightarrow C_2$. Since the sub-processes are independent of one another, the number of techniques available is greater than the number observed. In this example, the total number of techniques is eight – two of which are the observed ones and six of which are synthetic in the sense that they are put together by mixing the sub-techniques that have been observed. For instance, $A_1 \longrightarrow B_1 \longrightarrow C_2$ is one synthetic technique; $A_1 \longrightarrow B_2 \longrightarrow C_1$ is another. To put it more generally, if n is the number of complete techniques in use, and m is the number of independent sub-processes, then, provided that no two sub-techniques are identical, the total number of techniques that exist is n^m, of which $n^m - n$ are synthetic.

Figure 1 SEQUENTIAL AND TOTAL CHOICES OF TECHNIQUES IN THE PRODUCTION PROCESS



This method of identifying techniques is quite powerful and worth further illustration. It is convenient to begin from Figure 1 where is is assumed that the alternatives at each stage of an industrial process can be identified by particular machines (pieces of equipment). The figure offers illustration for four of n work-stations (or stages or sub-processes) and it covers the most machine-intensive and the most labour-intensive techniques, and a technique intermediate between these. Here machine and labour intensity are technical terms and refer to the most mechanized and most manual way of doing things respectively. The number of machines at each work-station represents the choices at the station, and each machine choice implies a specific choice of other inputs (labour, fuel, etc.), a specific holding of spares, and a specific provision of floor space. The choices given at each sub-process in the diagram are assumed (or constrained) to be technically independent of choices at other work-stations, so that any alternative at the first station can be combined with any alternative at subsequent stations without affecting the quality of the final product, where this is defined more or less precisely. In this circumstance, it is clear that the number of alternative techniques will depend on the number of work-stations and the number of options available at each station. It is also clear that in Figure 1 the number of possible techniques is certainly greater than the three illustrated. Indeed even if n were equal to four, then the number of possibilities would be 18.

Given 20 work-stations and 2 options per station, over 1 million 'synthetic' technologies could be 'constructed', so that the extent of choice could be embarrassingly great. It is consequently important to be able sensibly to reduce the inordinately numerous options which could present themselves in at least some production processes. In this regard, it may be noted that the number of alternatives at each work-station is likely to be small enough to be manageable, so that if choice could be exercised at this level the problem of appraisal could be considerably reduced.

The formal account of how to identify alternative techniques is substantially complete. It has been based on the assumption that the several sub-processes are independent of each other, in the sense that any sub-process technique may be combined with any set of techniques associated with other sub-processes. It has, however, already been pointed out that choice at one stage may constrain choices at others. One additional, and rather extreme, example of this is to be found in the fact that hand-spun yarn is not really suitable for modern weaving. Thus if such yarn is to be used then all modern methods of weaving preparation and weaving are virtually ruled out. The constraint would not normally be as drastic as this. It is in fact not difficult to deal with interdependences in the production process. How this may be done can be illustrated by considering Figure 1 again.

Suppose that n in the figure is equal to 4, that is that there are but four stages in the overall process. Suppose also that the choice of 'Machine' A at stage 2 would, on technical grounds, rule out the choice of 'Machine' B at stage 4. The number of techniques available would no longer be 18. If stages 2 and 4 are considered together, the alternatives that can be chosen may be tabulated. Thus:

1. 'Machine' A_2 + 'Machine' A_4
2. 'Machine' B_2 + 'Machine' A_4
3. 'Machine' B_2 + 'Machine' B_4
4. 'Machine' C_2 + 'Machine' A_4
5. 'Machine' C_2 + 'Machine' B_4

It is obvious that the number of choices, taking the two stages together, has fallen because of the technical constraint from 6 to 5. Each of these 5 may be freely combined with each of the options at other stages. Since in this case there is only one option at stage 3 and there are 3 at

stage 1, the number of alternative techniques falls from 18 to 15.

The general method for dealing with technical interdependence is in effect that of reducing the number of stages considered. Where technical constraints exist, these are used to define the boundaries of the relevant stages. This done, the procedure to be followed remains as before.

The search of alternative techniques has so far described and discussed sources of information, established that industrial processes can be broken down into sub-processes, and shown how this breakdown can be used to identify sets of alternative techniques. The presentation has been deliberately stark in order to reveal the essential features of the method. Much of the detail that is required in actual searches for alternative techniques will be covered in the next chapter. In the meantime and anticipating somewhat, it may be useful to offer more guidance than hitherto on the information which should be sought. In this regard it is convenient to consider first visits to capital goods manufacturers and then to operating factories. Some flesh is put on these bones in a brief appendix.

Equipment makers could normally be expected to supply information on the range of their products and detailed machine costs (fob); details of machine performance (including differences in this in different industrial locations); manning requirements for each machine; material input and power requirements; and space needed by the different machines. They can also be asked about research and development work; the nature and extent of turnkey operations; training provided; management contracts and other developing country contacts; and market breakdown and licensing arrangements.

Information obtained in this way could, when supplemented by reading of the technical literature and a little additional developing country data, sustain the specification of a large number of alternative techniques and permit some economic evaluation. Visits to developing country factories are, however, also desirable. These permit the gathering of information on what proportion of the manufacturer's rated capacity machines actually achieve and on actual manning rates. Equipment prices can also be calculated at their installed values; and information obtained on building costs, wage rates, working capital and maintenance.

Regarding a technique as comprising all of the inputs (and the organisation of them) needed to produce a given output recalls that in a full specification it is necessary to take account of administration and services. To a considerable extent these are independent of the production technique used, although the size of the personnel department would change with very large changes in the production labour force. Otherwise the size of administration and services required is more sensitive to scale than it is to the choice of production technique. Of course, allowance has nevertheless to be made for the buildings, machines and staffing, energy and materials associated with the overhead activities in estimating the costs of alternative techniques.

NOTES

1. W.E. Salter, *Productivity and Technical Change*, CUP, 1966.
2. R.S. Eckaus, "The Factor-Proportions Problem in Underdeveloped Areas", *American Economic Review*, Sept., 1955.
3. Frances Stewart, *Technology and Underdevelopment*, MacMillan, 1977.
4. Pickett and Robson, "Technology and Employment in the Production of Cotton Cloth", *World Development*, Vol. 5, No. 3, 1976. It is worth noting that the identification of 256 techniques does not challenge Salter's view that the possible choices are limited to "the machines on the market". It does call in question the view that the relevant range is narrow.
5. For more detail, see the relevant industry studies listed at the end of the Manual.

Appendix to Chapter 3

STAGES OF PRODUCTION IN COTTON CLOTH AND MILL-WHITE SUGAR

It may help to fix the ideas discussed in this chapter if some realistic illustration is provided. In this regard the essence of identifying alternative techniques and the starting point for their evaluation is captured in the following tabulation, which relates to the first stage in the spinning of cotton yarn. The labour categories referred to are unskilled *(a)* and semi-skilled *(b)*. The meaning of a fraction is that a worker is free to do other things than those specified.

Opening and cleaning (of cotton bales)	Machine cost	Staffing by category		Space requirements	Power
	($000)	(Number)		(Sq. feet)	KW
Manual feeding and manual doffing	250	1 *a*	3 *b*	5 000	60
Manual feeding and automatic doffing	260	1 *a*	2½ *b*	"	"
Manual feeding and chute delivery	340	1 *a*	2 *b*	4 500	"
Mechanical feeding, manual doffing	290-390	1 *a*	2 *b*	5 000	67
Mechanical feeding, automatic doffing	300-400	1 *a*	1½ *b*	"	"
Mechanical feeding, chute delivery	380-480	1 *a*	1 *b*	4 500	"

It may also help to set out the 12 stages in the process of making mill-white sugar. Thus:

1. *Weighing* of cane
2. *Unloading* of cane
3. *Crushing and milling* of cane
4. *Clarification* of cane juice
5. *Filtration* of muds
6. *Evaporation* of clarified juice
7. *Boiling* of clarified juice
8. *Crystallization* of massecuite
9. *Centrifugal* separation of sugar from molasses
10. *Drying* of sugar
11. *Bagging* of sugar
12. *Stacking* of sugar bags.

In constructing alternative sugar techniques, options would be identified at each of these stages. These would then be combined in a way that would take account of inputs specific to each work-station, and also of ancillary and overhead outlets. Indication of what this implies may be obtained from the following specification of inputs:

i) *Raw materials etc.*

Sugar cane
Lime
Sulphur
Fuel oil
Diesel oil
Sacks
Filter

ii) *Other current inputs*

Spares and maintenance materials
Workshops supplies
Hand tools
Laboratory instruments, equipment and chemicals
Repair and maintenance shop equipment
Office supplies
Books and periodials
Repairs and renewals to office furniture
Electricity (where appropriate)

iii) *Labour*

a) Number
b) Function (closely defined)
c) Remuneration
d) Educational qualifications/experience

iv) *Rent*

v) *Non-salary administrative outlays*

Advertising and recruitment
Telephone, post, cables
Legal, audit, advisory and directors' fees
Bank charges
Insurance
Donations, subscriptions, welfare fund, recreation
Overseas passages and transport of personnel

vi) *Current capital items*

Stock of raw materials, consumables, etc.
Work in progress
Stocks of finished goods
Trade credit

vii) *Fixed capital items*

All plant and machinery (including installation costs)
Foundations
Buildings
Land clearing
Wells
Water and other services
Reservoir and tanks
Roads, paths, etc.
Vehicles

viii) *Other capital items*

Feasibility and design studies
Consultants' fees
Surveying
Company formation fees
Training personnel

Chapter IV

THE COSTING AND APPRAISAL OF ALTERNATIVE TECHNIQUES

The purpose of this chapter is to show how alternative techniques may be costed and subsequently evaluated in order to make choice among options possible. It is logical and convenient to undertake these two tasks seriatim. Before embarking on either, however, it is useful to recall some of the main requirements for project appraisal (which are equally relevant to the choice of technique), and in this way to draw attention to some areas in which particular care is needed in making location-specific decisions. The remainder of the chapter comprises an introduction, which deals with the points just briefly made; a description of how techniques are to be costed; and a discussion of evaluation of alternatives.

1. Introduction

As will be recalled from the discussion in Chapter II, the appraisal of a project requires a statement of all receipts and expenditures (benefits and costs) associated with the project over its life. A discount rate is used to make cash flows at different points in time commensurate, and the comparison of discounted benefits and discounted costs indicates whether or not the project is acceptable. The simplicity of this brief description should not be allowed to underestimate the complexities that arise in realistically appraising a project, or, indeed, to disguise the difficulties in obtaining the (annual) data which constitute the raw material for such appraisal.

The first requirement of realistic appraisal is to ensure that all relevant receipts and expenditures are recorded – or, more precisely, estimated. In this regard, it is important on the receipts side to ensure that, in addition to the revenues accruing from the sale of annual output, allowance is made for any sale of buildings and machines which take place at the end of the project period. On the other side, care has to be taken to include all capital expenditures – initial, replacement and working – as well as all current costs.

If care is required to ensure that all pertinent categories of costs and benefits are identified, even more is needed if the quantitative content given to these is to be as robust as possible. There is, of course, an inescapable difficulty here. A project is appraised before it becomes operational and long before it runs its course. Evaluation, like consulting the stars and the reading of tea cups, consequently entails predicting the future course of events. This does make it difficult to base "decisions to do something positive...(on) the outcome of a weighted average of quantitative benefits multiplied by quantitative probabilities"[1], or more generally on systematic estimates. It does not – or at least so it is assumed here – make such an approach impossible. What it does do is to temper the expectation of success and – as indicated – call for the utmost care and caution. Uncritical and unduly optimistic application of the methods of project appraisal have caused considerable harm in developing countries.

the costs and problems of distribution, particularly if production for export is being considered. Products do not normally become competitive at the factory gate but at the point(s) of sale; and the greater the physical and cultural distance between the one and the other the more it is important to take the channels of distribution into account. In the same view it should be recognized that there can be more to competitiveness than price – product quality, delivery times and after sales service being cases in point.

On the cost side there are a number of difficulties, beginning with that of making an accurate estimate of the time required to construct factory buildings and install equipment. Both here and in estimating the time required to make the factory operational there is, perhaps, a tendency to under-estimate the period needed. This can have a serious effect on the validity of project evaluation since it means that benefits will be delayed, so that funds will be tied up in the project without return for longer than had been anticipated. Unless great care is taken it is easily possible to under-estimate the number of machines required to produce a given level of output and also to undercount the number of workers required per machine. The most common source of such errors would be ignoring differences between developed and developing countries and hence assuming that machine and labour productivities are the same in both environments. In a similar way insufficient weight may be given to the need in developing countries to hold a sufficient stock of spares.

Even if all of the quantities involved are more or less accurately estimated, there remains the problem of valuing these. In cost-benefit analysis the main question is whether available prices do or do not accurately reflect opportunity costs. This is not, however, the only question which arises. The lack of and/or inadequate data can give rise to problems in calculating the private profitability of a project. This could be particularly true of projects which introduced a new industry into a country, and of projects which introduced industrial development into a region. Insofar as costs for a new project are based on those of established factories, the appraisal clearly relies heavily on the relevance and accuracy of the latter. Yet it is difficult to judge these matters. Apart from the fact that it is sometimes difficult enough to obtain information, it is also difficult to know which information to use. Paradoxically, this difficulty perhaps increases with the number of factories from which information can be sought since observation could reveal marked variations in machine and labour productivities and wage rates and other costs. A wide spread of observed performance would increase the uncertainty inherent in *ex ante* assumptions made for specific locations.

The difficulties discussed thus far do not invalidate the principles of project appraisal. If not taken seriously they can, however, call in question the results of such appraisal. It is consequently important to be aware of them, particularly since the scope for dealing with them in what follows is somewhat – but not completely – constrained in the interests of brevity and of concentrating on the choice of technique.

As indicated above the benefits from an industrial project come very largely from the annual sales of the chosen product or products. On the assumption that alternative techniques are all equally capable of producing a well-specified product at a given level of output, the value of the benefits – although important in deciding the acceptability or otherwise of a project – has no bearing on the choice of technique. The least-cost technique will give a project the best prospect of profitability, and consequently is normally the one which should be chosen. More will be said on this below. In the meantime it may be noted that, in the light of what has just been said, subsequent attention will be largely focused on the costs of alternative techniques, even when it comes to choosing among them.

Before turning directly to the costing of alternative techniques it is useful to say a word on who is expected to undertake this task. It is often possible, by tendering or otherwise, to obtain

estimates of the costs of setting up and making ...

industry, for example, major loom makers will quote for the establishment of integrated mills of a given size. Their specifications will include the number and kinds of machines they judge appropriate at each stage, and they would normally undertake to obtain spinning and other equipment that they did not make themselves. The attractions of this procedure to the developing country decision-taker are obvious. These include that of avoiding the burden of choosing the technique since the machine makers would not normally specify alternatives. Moreover, they would not necessarily break down their costs in such a way as to provide a price as it were for each sub-process. Consequently even if several "complete" quotations were obtained these would not facilitate the costing of sub-proces techniques, although they might – insofar as different suppliers would provide different machines – help in their identification. Thus calling for quotations and specifications might make a useful start to the process of choice and provide some benchmarks for total costs. If, however, due attention is to be given to the identification and costing of a sufficiently wide range of alternatives, the developing country decision-taker must be prepared to undertake much of the relevant search and estimation. Since this requires scrutiny of many more options than have conventionally been considered, it helps explain the slight predilection shown below for rules of thumb.

2. The costing of alternative techniques

If the choice of technique to be used in a particular project is regarded as a preliminary but integral stage in project appraisal it is not necessary to specify all of the cost associated with each of the options in order to choose among them. For this purpose it is sufficient to know only those costs which vary with technique. Thus it is desirable to decide which these are and *ipso facto* which costs are invariable across technique. In practice administrative costs (including those of constructing and subsequently running administrative buildings) may be expected to be less affected by changes in technique than factory costs. This is not, however, to say that administrative costs never change with technique. As already noted, if the size of the labour force varies greatly with the choice of technique there could be considerable changes in the size and perhaps composition of the personnel department and in the non-salary expenditures thereof. For this reason it is safer, once the direct costs of alternative techniques have been determined, to use the information thus obtained to check on likely variations in indirect costs and to make sure that these are taken into account.

Whatever the technique chosen, once it has been chosen it will be necessary, as stressed earlier, to take into account all of the costs associated with a project in order to appraise it. In this regard the cost estimates made to facilitate the choice of technique will already be available and need not be repeated.

In the light of what has been said, it is now convenient to turn to the direct costs of the various elements – fixed and working capital, labour, materials and energy – that comprise an industrial technique, and to deal with these in turn.

a) *Fixed capital*

This largely comprises machines and buildings, the latter being a function of the number and size of the former. Consequently the first task is to determine the number of machines required, and to do this for each stage of the industrial process in question. In this regard it is necessary to know how continuously machines will be operated. The intensity of machine operation can vary from that associated with treble-shift working for 350 days in a year to, say, that associated with single-shift working of 8 hours per day on six days per week for 50 weeks per year. Again, information is required on the efficiency with which machines are

likely to be used. Machine manufacturers are normally able to specify the operating characteristics of their products – in terms for example of speed or quantum of product produced per specified time period. This specification may be taken as representing 100 per cent efficiency after allowing for normal down time. What is then necessary is to determine whether this level of performance is likely in the operating circumstances being envisaged. It would, of course, be possible to estimate location-specific machine efficiencies directly without reference to the manufacturer's specifications. These are, however, at least useful in checking the specific calculations. More often than not in developing countries machines will operate at less than their rated capacity, so that – as indicated above – more of them will be needed to produce a given level of output than would be so if the machines were used at their most efficient.

Intensity and efficiency of machine operation are clearly factors which bear on the number required in specific circumstances. They are not, however, necessarily features which distinguish alternative machines one from the other. Thus, after leather has been issued to the cutters, the first step in the making of leather-upper shoes is that of cutting the upper from the leather hide. This may be done by power presses or by hand, the latter requiring more benches – in a ratio of 20 to 1 – than the former. Each method may be used in double –or single-shift working; and in a particular situation it is conceivable that each could be used to the same (percentage) extent of some externally given norm. Different machines capable of performing a given task differ from each other in a number of ways. These include manning, space and power requirements. Differences in these respects are reflected in the size of the labour force (and the wage bill), in the size and cost of buildings, and in energy costs. In determining the number of machines (of each, alternative, kind), however, the essential difference is that of speed. Thus a modern air jet loom is capable of weaving some 12 yards of cotton cloth per hour, whereas the hourly output of the throw-shuttle handloom is 0.56 yards. It follows from this that, broadly speaking, it takes 21 handlooms to do the work of a single shuttleless loom.

The number of air jet or handlooms required in a particular circumstance clearly depends, given the intensity and efficiency with which the looms are to be used, on the volume of cloth to be produced. Weaving, however, is the last stage in the making of cloth and it is necessary to work backwards and relate throughput to machine requirements at all the previous stages in the process. The machine requirements and throughput at these stages have, of course, to be such that they will deliver to the looms sufficient warp and weft threads to enable the specified amounts of cloth to be produced.

It may be useful at this point to illustrate a feasible outcome of the process of determining machine numbers. Using machines at approaching 100 per cent efficiency and assuming a certain, 'high', level of labour productivity, 300 000 pairs of men's leather-upper, cemented-on synthetic unit sole, shoes per annum can be produced with single shift working of five days per week for fifty weeks. The output per shift is consequently 1 200 pairs of shoes. A large number of techniques can be used to obtain this level of output, and the process of production can be broken down into 48 independent work stations. At most of these three options can be identified: the most machine-intensive, the most labour-intensive and an alternative intermediate between these two. These alternatives are specified in Table 1 for the 8 work stations which comprise the cutting and preparation operations in the making of men's shoes.

The information given in Table 1 provides the point of departure for the identification, costing and evaluation of alternative techniques. As far as costing is concerned the next stage is to value the machines and equipment specified in each column. The makers of machines will normally quote prices ex-works or fob. The level of quotation (and the delivery time) may well

Table 1

Alternative machine and equipment requirements in the manufacture of 300 000 pairs of men's shoes per annum

Work station	Machine-intensive process	'Intermediate' process	Manual-intensive process
Issue of leather	*a*	*a*	1 bench
Upper cutting	9 power presses, a hand clicking bench and conveyor	9 power presses, a bench and tote boxes	Hand clicking at 20 benches and tote boxes
Leather splitting	1 band knife splitting machine	*a*	*a*
Lining marking	1 lining marking machine	*a*	Hand written at 2 benches
Stitch marking	2 stitch marking machines	*a*	Hand work at 4 benches
Inspection and sorting	*a*	*a*	Bench work
Sock embossing	1 automatic embossing machine	2 simple pedestal embosser	3 bench mounted manual presses
Batching of components	*a*	*a*	Bench work

a) Signifies that no module with appropriate factor intensity was considered suitable.

vary with the business cycle. It will, however, be what it is at any given time. Insofar as broadly similar machines are produced by different manufacturers, machine prices may vary by source, so that 'shopping around' may be an important element in determining the cost of a particular technique. If the price is quoted ex-works, it will be necessary to add transport charges to the port of export in the country of origin before adding the freight, insurance and handling charges incurred in moving equipment to the port in the country of final destination. For an inland factory site additional transport charges will have to be included in the costing. It will also be necessary to include installation costs which may vary with the complexity of machines. Often, particularly where heavy and complex equipment is concerned, the manufacturer will supervise installation and conduct trial runs. The cost of doing this will include payments made for the services of specialists from the manufacturer as well as local labour.

Ideally the various elements in machine costs should be determined by direct enquiry and careful costing. The ex-factory or fob price of a machine will almost invariably be the largest component in the installed cost, often accounting for 80 per cent or more of this. Machine prices should consequently be determined with as much care and precision as possible. So also, of course, should all of the other elements in the installed cost. However – particularly in choosing among techniques as an integrated prelude to full project appraisal – there may be some scope here for rules of thumb. Thus ocean freight and insurance could be put at 10 per cent of the machine price. Depending on the distance from port to proposed factory location, inland transport could add another 10 per cent; and installation charges could amount to 5 per cent of the basic machine price. Whether recourse should be had to rules of thumb is something that can only be determined in specific circumstances. Generally speaking, however, the greater and more varied – in machine size, weight and number required – the choices of technique, the more the risk there is in failing to establish the value of all of the cost elements directly.

Building costs have to include all civil engineering costs and those of all necessary electrical and plumbing installations. The cost of a building of a particular type itself is often in practice taken as being directly proportional to its surface area, although this relationship does not stretch to include small buildings. The size of a factory building depends on the numbers and types of machines that have to be installed to produce a given output. The number of machines can vary greatly across techniques. Thus in a cotton weaving shed to produce the same yardage ordinary automatic looms – because of their much smaller output per machine – require four times the area of air jet looms; and in the production of nuts and bolts the ratio of required area as between lathes and cold forming is eight to one. Given that building costs constitute an important part of total costs, it is necessary to ensure that building charges are estimated on a technique-specific basis.

In addition to the factory premises, buildings comprise ancillary buildings and relevant outdoor works. As already noted the cost of all buildings has to include all piping, cables, air ducts, etc. Whether the size and other characteristics of administrative offices, generator plants, laboratories and maintenance and repair sheds vary with technique is not a question to which a general answer can be given, since it depends on the product to be manufactured. Consequently all that can be said in a general way is that where the choice of technique does make a difference to building requirements then these have to be fully costed. At remote rural locations it may prove necessary to provide residential accommodation and educational and social facilities. The scope of such provision will obviously be a function of the size and structure of the labour force. If, therefore, there is much variation in these regards it will be necessary to include the relevant buildings and furnishings in the cost of the alternative techniques.

In the circumstances the best procedure is probably to start with staffing estimates obtainable from machine makers. As before, these are required for all of the alternative machines at each stage in the process. Thus, Table 2 illustrates the requirements in the manufacture of 300 000 pairs of men's shoes with the same specification as and for the same stages as in Table 1. Estimates then have to be made of additional requirements including that for supervisors. Depending on the main markets served by the machine makers, information such as that deployed in Table 2 will reflect more or less closely the manufacturers view of

Table 2

Alternative manning requirements in the manufacture of 300 000 pairs of men's shoes per annum

Work station	Machine-intensive process	'Intermediate' process	Manual-intensive process
Issue of leather	a	a	1 skilled
Upper cutting	10 skilled	10 skilled	20 skilled
Leather splitting	1 semi-skilled	a	a
Lining marking	1 semi-skilled	a	2 semi-skilled
Stitch marking	2 semi-skilled	a	3 semi-skilled
Inspection and sorting	a	a	1 skilled
Sock embossing	1 semi-skilled	1.5 semi-skilled	2.5 semi-skilled
Batching of components	a	a	1 semi-skilled

a) Signifies that no module with appropriate factor intensity was considered suitable.

manning levels in developed countries. Where, as in textile equipment, the main outlets are now located in developing countries the machine makers can give closer guidance to realistic manning levels in such countries than they can when their main markets are in developed countries. Indeed the best of them maintain records of machine and labour productivities for their own equipment in different locations. Where this evidence is available it can obviously be extremely helpful.

Information from the manufacturers of machines will normally have to be supplemented by location-specific considerations. Among the more obvious factors here is the quality and availability of management. Included in this is the question of familiarity with the various techniques being considered. This same consideration applies to the labour force, some members of which may have had no experience of factory working of any sort. Machine makers often offer training in the use of their equipment, and indeed sometimes make the acceptance of this offer a condition of sale. The availability and use of training facilities should clearly be taken into account.

The manning requirements as given by the machine makers and as modified by knowledge of local conditions may be checked against the general rule that the level of wage and the level of productivity are directly related. Econometric investigation has suggested that this relationship may take the following form:

$$\log p = a + b \log w...,$$

where p is productivity and w the wage level. The value of b may be expected to vary across industry. Calculations suggest that for the textile industry b has a value of 0.7. This implies that if a country has a wage level twice that of another its productivity will, on average, be about 1.6 times as high[3]. It may also be useful to note that there is some – rather weak – evidence which suggests that developing country practice will be the closer to developed country norms the more capital-intensive (i.e. the more machine-paced) the technique[4]. The drift, of course, of much of the previous argument is against undue reliance on general considerations of the kind described in this paragraph. Such considerations are useful but certainly not conclusive. They should not be allowed to obscure the need for painstaking attention to local detail and to conduct sensitivity analysis.

ii) *Raw material*

More often than not raw material accounts for the largest single share of total operating costs. Given its price (which is not normally difficult to determine), the value of raw material used depends on the raw material content of the final product and the amount of waste incurred in the manufacturing process. Raw material cost will usually vary with the choice of technique, if only because the volume of waste will so vary.

The calculation of raw material cost may be briefly illustrated by reference to the manufacture, at the rate of 9 tonnes per day, of a standard mix of general purpose steel bolts and nuts. More closely specified, the product is a ferrous hexagonal head bolt with a hexagonal nut assembled to it. In the product mix are included eight different diameters of bolts and nuts, ranging from 6 to 30 mm. The under head length of the bolts varies from 12 to 300 mm. If the technique used is that of machining, the raw material comes in the form of steel bars, each 3-4 metres long. This technique is not very efficient at converting steel into bolts and nuts, so that there is considerable wastage (mainly cutting swarf). The volume of wastage can be determined by observation of existing factories and from discussions with machine makers. Once this has been done the required volume of raw material is known and may be readily costed. Broadly speaking, in West African conditions it takes about 2.71 tonnes of steel bars to produce 1 tonne of the final product, so that to produce 9 tonnes of bolts and nuts per

day needs an input of 24.9 tonnes of raw material. The cost of this is the gross cost which has to be reduced by revenues from the sale of scrap, with this in the present case being per tonne about one-seventh of the original price.

The same product may be used to show how raw material input may change with technique. The same bolts and nuts can be produced by cold forming and hot forging; and the raw material requirements (which take the form of cold drawn and coated steel wire in cold forming) of the three techniques per tonne of finished product are as follows:

Cold Forming:	1.11 tonnes
Hot Forging:	1.22 tonnes
Machining:	2.71 tonnes.

From this example it is clear that raw material costs can vary significantly with the choice of technique. Indeed, even when allowance is made for the sale of scrap, machining requires an expenditure in this regard that is about double that associated with each of the other techniques.

iii) *Power, fuel and water*

Energy costs will obviously vary with product and the scale of operation. Since much of the electricity consumed is that used to drive machines, these costs can also vary with technique. As far as machines are concerned, electricity consumption can be estimated from the horse power of the equipment. Estimates are also needed of other electricity needs, of fuel needed to fire boilers and to provide steam and heating, and of water requirements. There should normally be little difficulty in determining unit costs. Care should be taken to make estimates of energy needs as comprehensive and as robust as possible, particularly for energy-intensive processes and techniques. The modern rotary-kiln, used to make Portland cement makes much use of fuel, so that in deciding between the wet and dry process in a particular location it is important to have accurate estimates of the fuel consumption of each. Modern methods of brick-making make considerable use of 'expensive' energy at the drying and firing stages.

In the same way, a much larger rather than a much smaller plant and/or labour force is liable to call for more rather than less roadbuilding.

Fixed capital includes office, warehouse, and other ancillary equipment. It also incudes vehicles of all kinds. Once more whether these requirements vary across technique depends on the range and character of choice available. In some circumstances variations go beyond differences in numbers and become part of the choice set. In the manufacture of cane sugar there is a more intimate link than is usual between factory and field operations, since the cane – once it has been cut – has to reach the factory rather quickly. It is thus sometimes sensible to consider field and factory operations jointly. If this is done, the method of moving cane from field to factory becomes part of the overall technique; and since there is more than one form of transport which can be used for this purpose, the choice of transport becomes part of the choice of technique.

b) *Working capital*

Working capital comprises credit allowed to customers, holdings of production materials and spare parts, work-in-progress and stocks of finished goods, and cash holdings (to cover wage payments and provide for contingencies). The main difficulty in calculating the value of working capital lies in estimating the appropriate magnitude in developing country conditions of its various components. The value of working capital will thus vary according to product,

location and, at least as far as credit is concerned, to the degree of competition in effect.

Credit allowed is normally expressed in days, so that if the expected trading terms provided for thirty days credit, this element of working capital would be 30/365 of annual sales. The holding of production materials is determined as so many days supply. Once the pertinent quantity is known the value of this component is readily established given the prices of the materials to be held. The optimal size of the holding is not easily determined. It will vary with the source of supply, local or foreign, and with the reliability of the suppliers. Determining the size of the holding of spare parts is again the difficult task in valuing this part of working capital. The local availability of spare parts and maintenance facilities are important considerations here.

The value of work-in-progress (at factory cost) comprises the value of raw material inputs in the course of processing. It will thus include the value of raw material which has just begun to be transformed, that of raw material which has all but been transformed into final output, and that of raw material at each and every stage in between. The work-in-progress will represent so many days production of final output, so that once the number of days is known valuation is straightforward. Since finished goods are also valued at factory cost it is again the case that once the level of stock is determined valuation is fairly easily done. The same comment broadly applies to the holding of cash since this usually comprises a number of week's wages.

Working capital is important. The need to hold large stocks of raw materials and spare parts can make it a significant proportion of fixed capital costs – reaching one-third or more of such costs. Some elements in working capital may be invariant across techniques. These could include credit allowed. Other elements – holdings of raw materials and spare parts and work-in-progress – are more likely than not, however, to vary with the choice of technique. It is consequently necessary to include working capital in the costing of alternative techniques.

c) *Operating costs*

These cover labour, raw materials, power, maintenance and accessories and other materials. If the costs of administration are assumed to be invariant across techniques attention can be confined to direct operating costs. It is again convenient to consider these seriatim.

i) *Labour*

Since it is normally easy enough to determine wage and salary rates for the various grades of labour that might be employed in a project, the main requirement for costing labour is a robust estimate of the size and skill composition of the labour force needed to work each technique being considered. Although definition of categories may vary somewhat across industries, all techniques require for their operation a mixture of skills. Thus machine tenders – people who, for example, look after looms in the textile industry, cold forming or hot forging equipment in the manufacture of bolts and nuts, centrifuges in sugar production and moulding or pressing machines in brick making – are universally required, and are normally classed as semi-skilled. Machine setters are, on the other hand, taken as skilled; and the labourers who undertake such tasks as keeping areas clean and moving materials are regarded as unskilled. The production process obviously also requires supervisors and professional workers.

For a given product, level of output and technique the required size and skill composition of the labour force in a specific location depends significantly on the efficiency of labour. This is difficult to measure with precision. There are, as already noted, grounds for believing that labour – and machine – productivity in developing countries is generally lower than in developed. This does not, however, take one very far. First, the rule is not universal. Thus one

enquiry into operating conditions in the African textile industry found one mill operating at European levels of efficiency in a country where average levels of labour productivity in the industry were but one-third of that[2]. Again, it is claimed that South Korean high school graduates from rural areas can, after 3-months' training, match Japanese levels of productivity in welding ships, at one-third of the wages. Second, it is difficult to establish norms in this matter. Observation in both developed and developing countries tends to suggest considerable variation, for broadly similar techniques, across firms in labour efficiency as measured by output per head. Moreover, it is not always easy to identify the source of these variations. They may arise in part from differences in manning levels – in the number of looms (of a given type) per operative for example. They may also arise, however, from differences in the extent to which machine speeds depart from those recommended by the machine maker, and from differences in the time taken (normally 'excessive' in developing countries) to set up machines. Third, even where it is possible to establish average productivity, this does not necessarily offer much help in deriving location-specific parameters. Having a distribution about the average could help in putting limits on the range of possibilities, but even this would require careful handling in the context of a specific decision.

Enough has been said to establish that determining the size and composition of the labour force to be used in a particular location with a particular technique to produce a particular product and level of output is not easy. Whether errors in this regard are important depends to some extent on the product in question. Thus, contrary perhaps to widespread belief, it is possible to identify choices of technique in the manufacture of modern fertilizers – ammonia and urea – which have important implications for the quantum of investible funds needed for a project, and so, indirectly, for employment. All of the techniques in question would, however, employ little labour; and a doubling or halving of the estimated size of the labour force would have little effect on the viability of a project; or indeed on the choice of technique. For other products, the proportion of labour in total costs is much higher than in fertilizers. In the production of cotton cloth in a low wage country such as Ethiopia, for example, the relevant ratio might range from about 0.08 to 0.19, depending on the choice of technique (and assuming a high level of output). In such cases errors in estimating the wage bill could affect the apparent viability of a project and the choice of technique.

iv) *Maintenance*

To a considerable extent maintenance costs have already been implicitly covered in the discussion of working capital and labour. They are worth dwelling on, however, because of the importance of good maintenance practices and because they are likely to vary considerably with the choice of technique. Maintenance comprises the regular, routine checking and overhaul of buildings and equipment together with the speedy removal of unforeseen faults as they develop. As a general rule, the simpler the equipment in use the easier and perhaps the less expensive it is to maintain. The more complex the machines become, the more difficult it is to organize efficient maintenance. This is particularly true if machines have been imported, and if the new owners have little or no previous experience in their use.

Machine suppliers will normally provide operating manuals complete with instructions for routine maintenance. Unless such manuals are written explicitly for developing country conditions, it is necessary to have these in mind in, for example, determining the size of maintenance staff. In determining the holding of maintenance spares it is evidently desirable to obtain as much empirical information as possible on machine performance. Here again equipment suppliers can be helpful, but also again it is necessary to allow for local conditions – including, for example, the effects of such things as high humidity. The holding of maintenance spares can be expensive and one trade-off which should be considered for some

Table 3

Structure of direct production costs and employment by technique in three industries

Industry and technique \ Cost Structure and employment	Capital costs				Operating costs					Employm
	Total[a]	Machinery	Building	Working	Total[a]	Material	Wages	Fuel and power	Spares and maintenance	
Cotton cloth[c]		*b, a*	*b, a*	*b, a*		*b, a*	*b, a*	*b, a*	*b, a*	
Machine-intensive	100	77:100	7:100	16:100	100	88:100	4:100	3:100	5:100	100
Least-cost	50	58: 38	11: 81	31: 45	112	80: 95	15:336	2: 89	3: 70	294
Labour-intensive	42	50: 28	14: 42	36: 45	115	78: 95	17:423	2: 87	3: 65	325
Bolts and nuts[d]										
Machine-intensive	100	89:100	4:100	7:100	100	68:100	15:100	2:100	15:100	100
Least-cost	73	89:100	4:100	7:100	98	68:100	15:100	2:100	15:100	530
Labour-intensive	124	86:129	6:200	8:150	113	49:181	29:221	5:396	17:126	550
Brick manufacture[e]										
Machine-intensive	100	67:100	8:100	25:100	100	–	7:100	49:100	44:100	100
Least-cost	22	50: 19	24: 71	26: 44	40	–	43:207	50: 44	7: 7	210
Labour-intensive	22	50: 19	24: 71	26: 44	40	–	43:207	50: 44	7: 7	210

a) On basis machine-intensive = 100.
b) Percentage distribution for each technique.
c) 28 million yards per annum.
d) 9 tonnes per day.
e) 16 million common bricks per annum. Does not include clay winning and transport to brick works.

techniques at least is the establishment of an in-plant workshop with a capacity for fabricating simple metal parts. Such a workshop can, by giving the people who work in it 'theoretical' and 'hands-on' experience, constitute an external economy of the project.

Maintenance costs are also important because they are likely to reflect differences in machine quality. Machines with identical performance characteristics may nevertheless differ in their construction, including in the strength of materials used. Such differences could be reflected in the length of the lives of different machines. They could alternatively, perhaps also, be reflected in variations in maintenance costs. The importance of such variations would vary with the discount rate, being the greater the smaller that rate is.

v) *Other operating costs*

The main operating costs have now been covered, and those costs not included above are perhaps less likely to change with technique than those that are. Examples of other costs may be drawn from the textile industry. In making cloth, textile mills must meet insurance and other administrative expenditures. They also need miscellaneous materials – paper, rope, lubricating oil, and starch for sizing. It is difficult to establish the value of these residual costs since firm by firm enquiry suggests considerable variation in practice. In the circumstances, the most convenient procedure is to relate these miscellaneous expenditures to those that are more securely established. Thus insurance, rent and rates, stationery and telephones may be put at, say, 5 per cent of wage costs in the making of cotton cloth; and the miscellaneous materials listed above may be taken as representing 2 per cent of raw cotton costs.

Although it involves some anticipation of subsequent discussion, it may be useful at this point to show how capital and operating costs and employment vary with the choice of technique. This is done in an illustrative way in Table 3. The costs shown in the table are all expressed as present values. Their derivation is consequently based on assumptions about project lives and discount rates, and it uses estimates made in the mid-1970s in the course of a major investigation into the choice of industrial techniques in developing countries. It is hoped that – certainly as indicating orders of magnitude – the data are reasonably realistic. The data relate to 'low-wage' developing countries; and are for three techniques in each of three industries. The meaning of most machine- and most labour-intensive techniques has already been discussed in Chapter III. That of the least-cost technique (which is discussed more fully below) may be taken for granted for the moment.

The table serves to confirm that costs and employment – in the production, it should be recalled, of a well-specified product and level of output – can vary significantly with technique. Thus, the least-cost technique in the production of cotton cloth would require lower investment but higher operating costs than the most machine-intensive technique, with not surprisingly the largest differences in the two broad categories being found in machine and wage costs respectively. Apart from the hint contained in the designation of one of the techniques as least-cost, the information in Table 3 is not of itself sufficient to permit economic choice from among the techniques covered, nor does it necessarily cover all of the techniques available. It is consequently now time to turn to the comparative evaluation of techniques.

3. The evaluation of techniques

The link between project appraisal and the choice of technique has already been discussed at some length in Chapter II. From that discussion it can be seen that the comparative evaluation of alternative techniques closely resembles the choice between mutually-exclusive projects. Following this line of thought, in any given circumstances from a

set of alternatives that technique should be chosen which would give rise to the lowest present value of costs. Showing how this is done is the main purpose of this section.

From the previous discussion it should perhaps be apparent that the number of alternative techniques to be appraised can be very large. The process of making 300 000 pairs of men's shoes can be broken down, it may be recalled, into 48 stages or work stations. These are each and all technically independent of each other. Proceeding in the way described in Table 1 gives the following tabulation of the number of alternatives at each stage.

Stage	Number of subtechniques	Stage	Number of subtechniques	Stage	Number of subtechniques	Stage	Number of subtechniques
1	1	13	2	25	1	37	3
2	3	14	2	26	2	38	1
3	1	15	2	27	3	39	3
4	2	16	3	28	2	40	2
5	2	17	2	29	3	41	2
6	1	18	3	30	2	42	1
7	3	19	1	31	3	43	2
8	1	20	1	32	2	44	3
9	3	21	3	33	2	45	1
10	3	22	3	34	1	46	1
11	3	23	2	35	1	47	2
12	2	24	3	36	2	48	1

Since the number of techniques is given by the product of alternatives at each stage it can readily be calculated that there are more than one million alternatives to be considered, which is a lot to handle. To cost such a large number of techniques would be tedious and time-consuming, so that the obvious question is whether it is necessary. To set out the machine and manning requirements alone would be a tall order. Thus in this particular example it would be of little help to invoke the concept of technical efficiency. Since it may nevertheless be thought useful to use technical efficiency as a screening device in considering a smaller set of techniques a brief digression is in order.

Technical efficiency is generally taken as representing a situation in which it is possible to choose between techniques without reference to factor prices. It is most commonly discussed in terms of the capital-labour ratio. If technique A uses less of both capital and labour than technique B, then at any non-negative set of factor prices it clearly is to be preferred to B, and it is said to dominate B. On the other hand if A uses more capital and less labour than B it is not possible to choose between them by inspection as it were. Economic calculation becomes necessary. Provided that neither A nor B is dominated by other techniques, they both become members of the set of technically efficient alternatives which must be submitted to economic appraisal.

At first glance this notion of technical efficiency looks as though it could be a powerful aid in the choice of technique. Yet attempts to use it are not unlike opening Pandora's box. The difficulty starts with the impossibility – in all but the simplest cases – in confining attention to the technical. Even when factor prices are confined to the interest and wage rates and directly excluded, problems remain since it is normally necessary – to facilitate comparison across techniques – to use machine prices rather than numbers of machines. It is true that the methods proposed for identifying and costing techniques readily yield investment costs (machine numbers times prices) and manning requirements (and wage costs). Rapid scrutiny

of techniques to be appraised. There are, however, substantial difficulties which question the wisdom of this short cut. The implicit assumption in normal usage is that machine capital and labour are the only factors which vary with technique. A brick house of given dimensions might be expected to comprise the same number of bricks whatever the construction technique used to build it. Intuitively appealing as it may be, this argument confuses the final product with the process. Different methods may all yield a house with an identical number of bricks; but they may need to start with significantly different numbers of bricks to achieve this result because of varying rates of wastage.

Table 3 records variations with technique in all of the components of capital – machinery, buildings and working – and in the various elements in operating costs as well as in numbers employed. To recognize that, in reality, more changes with technique than the number of men and machines can, of course, be seen as broadening without conceptually weakening the notion of technical efficiency. Nevertheless what reality does do is greatly to lessen the operational usefulness of the concept[5]. Once it becomes necessary to consider the items covered in Table 3, there is little that remains to be added to complete the costing of alternative techniques. In saying this, it is at least worth remarking that – since choices are circumstance specific – in the particular conditions of each particular project there may be elements which automatically limit the range of choice. An investor may, for example, have a particular size and kind of market in mind, or he may have decided to make use of local raw materials. If, for example, a decision is taken to use hand-spun yarn in the making of cotton cloth, there would be little subsequent point in considering modern weaving methods.

Reverting to the enormous number of alternative ways in which men's shoes can be made, this could always be reduced by telescoping the number of stages. Thus the process can be taken as comprising the following departments:

1.	Cutting and Preparation	(Work Stations 1- 8)
2.	Stitching and Related Operations	(Work Stations 9-19)
3.	Sole Preparation	(Work Stations 20-22)
4.	Lasting	(Work Stations 23-30)
5.	Sole Attaching	(Work Stations 31-35)
6.	Finishing	(Work Stations 39-48)

As before, the alternatives at each department may be specified as machine-intensive, labour-intensive and 'intermediate' so that there are three choices per department. In this case the number of alternative techniques would be 36 or 729 – a drastic reduction on one million million. There is, however, no economic logic behind this reduction, so that it is not possible to justify the sacrifice of information that it entails.

Intuitively one would perhaps most regret the loss of detail at the sub-process level that results from the draconian way in which the number of shoe technologies has just been made manageable. Can this loss be avoided? Here it is helpful to recall that the search is for the least-cost technique. Broadly speaking, however, this will comprise the aggregate of the least-cost sub-techniques at each and every stage of the industrial process. As stressed earlier, account has to be taken of all costs which with technique – including working capital and intra-factory materials handling. It should normally be possible to 'allocate' these costs to specific work stations in a way that allows for variations in technique. Thus, for example, if maintenance costs are expressed as a proportion of cotton costs and the latter are 'allocated' to the spinning stage, then differences in cotton consumption between open-end and ring spinning will be reflected in differences in maintenance costs. In thus allocating all cost categories to work stations it becomes permissible to focus on the choices at the sub-process level.

be possible to expand the number by extending the range of pertinent enquiry. Thus the number of looms to be considered at the weaving stage in making cotton cloth can be augmented by examining not merely looms of each generic type – shuttle and the various kinds of shuttleless looms – but also all looms made by different manufacturers within each type. How far, in principle, one should go in this direction is not an easy question to answer, although the stronger the competition among firms the less, it might be thought, price and other differences are likely to be for similar machines. At all events even the most painstaking search for alternatives is unlikely greatly to inflate the number of options for each sub-process. It follows that it should be comfortably possible to identify the least-cost option at each stage and thus to find the least-cost technique.

The choice of sub-technique may be illustrated by referring back to the information given in Chapter III on the different ways of opening cotton bales and cleaning the cotton contained therein. For each of the six alternatives specified machine costs were given, together with staffing levels and space and power requirements. Using appropriate building costs, the data on space may be used to generate the value of buildings to be attributed to the various machines. This is added to machine costs to give fixed capital. Relevant wage rates applied to the number of workers gives annual wage costs, and the power requirements used in conjunction with electricity prices can similarly yield annual power costs. A project life will have been chosen, as – it may be assumed – will have a discount rate. Thus the present value of wage and power costs over the project life can be determined and added to the fixed capital cost for each sub-technique. This gives the present value costs for each sub-technique and that with the lowest figure would be chosen.

More illustration here may be useful to the reader. In processing cattlehides into leather uppers for shoes, the entire operation may be broken down into 16 stages[6]. It is a feature of leather manufacturing that the same equipment may be used for (more or less) successive sub-processes. In this way three of the four first sub-processes (soaking; liming; and deliming, bating, pickling, and tanning) make use of common equipment. It is consequently convenient to combine these sub-processes into one 'wet' stage. At this stage the alternative to be considered are: the paddle (a semi-cylindrical vessel fitted with a 4-blade paddle); the wooden drum; the concrete mixer-type vessel; and the Y-compartmental steel vessel. Material inputs (hides and chemicals) are invariant across techniques, as are a number of other costs, including (almost) working capital. Thus the least-cost sub-technique at each stage, including the one to be considered below, can be chosen once fixed capital, labour and maintenance costs are known.

To illustrate the procedure, it is convenient to consider a level of output based on processing 200 cattlehides per day in a low-wage country, to assume a project life of 20 years, and to take a discount rate of 10 per cent. The basic information required to identify the least-cost sub-technique is given in Table 4.

Table 4

Basic information on selected sub-techniques in leather manufacturing

(US$000)

Sub-technique \ Cost category	Fixed capital			Annual wages	Maintenance
	Machine	Building	Total		
Paddle	58.8	8.06	66.86	3.3	2.9
Wooden drum	73.5	7.64	81.14	2.6	3.7
Concrete mixer type	111.5	5.04	116.54	2.2	6.9
Y-Compartmental steel	235.2	5.04	240.24	2.2	11.8

On the (unrealistic) assumption that no additional fixed capital investment is needed beyond the initital injection of funds, the present value costs would be as represented in Table 5. From the table it is evident that, in the conditions postulated, the first sub-technique is the least-cost one, A similar set of calculations at each of the other stages in the process is necessary to identify the least-cost technique.

Table 5

Present value costs of selected sub-techniques in leather manufacture

(US$000)

Sub-technique \ Cost category	Capital costs	Operating costs	Total
Paddle	66.86	52.78	119.64
Wooden drum	81.14	53.63	134.77
Concrete mixer type	116.54	77.47	194.01
Y-Compartmental steel	240.24	119.18	359.42

The search for the least-cost technique is important because it *ipso facto* reveals the technique that will maximize the net present value of the project in which it is to be used. Consequently from the standpoint of conventional project appraisal the discussion could reasonably stop at this point. Nevertheless it is useful to continue since to do otherwise would be to fail to make use of valuable information necessarily collected in the process of finding the least-cost technique. Related to this, it would also be to neglect more than is necessary what for many is the main reason for being concerned with the choice of industrial technique – the employment problem in developing countries.

The invocation of the employment problem raises – more explicitly and insistently than hitherto – the question: what is an appropriate technique? On one view it is one which when costed at the opportunity cost of all inputs, enables the final product to be priced at a level not exceeding the world price of that product – it being understood that this price is often likely to be set by the efficient use in developed countries of developed country techniques (and that for purposes of comparison with local production the price should be 'translated' by an exchange rate which is consistent with full employment of all factors).[7] If a technique does not exist, and cannot be developed, that meets these conditions, 'that activity or branch of production is one that the country concerned should not engage in, but obtain for itself by export, import and exchange'. Some, perhaps many, would take strong exception to this view of appropriate technology. Some of the grounds on which exception might be based have already been considered in Chapter I. Here two features of the definition just cited should be underlined. First an appropriate technique in the terms given would above all be an efficient technique, so that three would not be any conflict between production and employment. And economic efficiency, it may be thought, is if anything more important in poor than in relatively rich countries. Second, the requirement that inputs be valued at their opportunity cost and that the exchange rate be 'right', makes it clear that shadow pricing is thought necessary.

Shadow pricing has been briefly introduced in Chapter II above. It is not intended here greatly to enlarge on that earlier discussion. There is an extensive and still controversial literature on shadow pricing;[8] and, as already noted, anything that can be done in this regard

in project appraisal can equally be done in comparing alternative techniques. It is, nevertheless, perhaps useful to note that the widespread agreement on the need for shadow pricing in developing countries mostly reflects the market imperfections in these countries. In their original, and still widely prevalent, sense shadow prices are consequently that set of prices which would result in equilibrium in a perfectly competitive economy. The reader should at least be warned, however, that this is not the only meaning that can be attached to shadow pricing. On another, if related view, shadow prices are those which, if acted upon by decision-takers, would maximize national planning objectives subject to constraints. The two views can result in differences in calculation and concern. Thus the first view implicitly assumes that economic growth is the main (only) aim of economic policy and that governments can influence savings and distribution by means (policies) other than through project choice. If these assumptions are challenged shadow pricing would be used to make investment relatively more attractive than consumption, and 'weights' would be given to income received from a project by class and/or region. The difference between these two views is to a considerable extent that between economic and social cost-benefit analysis. In the present Manual use is made of a hybrid analysis which stops short of full economic analysis and which certainly does not stretch to social cost-benefit analysis. This is because to go further in these respects would complicate the analysis unnecessarily. Moreover, there is reason to believe that results established by the method used would hold *a fortiori* if full economic analysis were applied.

In the light of what has been said, an appropriate technique exactingly defined is one that, from a relevant set of alternatives, has the lowest present value opportunity cost; and on a more relaxed (pratical) definition remains that which has the lowest present value costs. Thus the argument is back to the point which it had earlier reached when it was suggested that it would be waste of information to stop the analysis once the most appropriate (least-cost) technique had been found. Among the reasons for this is the fact that in addition to determining the profitability (net present value) of alternative techniques considerable interest attaches to their investible fund and employment characteristics. This may be seen by illustration. Thus in Table 6 information is given on 10 vacuum-pan techniques capable of producing 50 000 tonnes of sugar per annum in Ghanaian conditions.[9] The project life

Table 6

Some characteristics of 10 techniques capable of producing 50 000 tonnes of sugar per annum

(Technique 1 = 100)

Technique	Capital investment[a]	Employment	Capital per head	Net present value	NPV/K
1	100	100	100	100	100
2	98.9	102.3	96.6	99.8	100.9
3	91.0	145.5	62.5	99.8	109.6
4	98.0	174.4	56.2	98.5	100.4
5	76.3	163.1	46.8	88.8	116.3
6	94.5	240.2	39.4	90.0	97.1
7	94.2	251.4	37.5	89.7	95.0
8	93.2	253.8	36.7	89.4	95.9
9	69.2	205.7	33.6	84.7	123.3
10	93.8	301.0	31.2	89.0	94.9

a) Fixed and working.

assumed is 20 years and the discount rate 10 per cent. The techniques are rank-ordered according to the capital-labour ratio, which serves broadly as a surrogate for capital-intensity.

From the table it is evident that there is a high rank-order correlation between the capital intensity of technique and profitability, as measured by net present value. Thus the four most capital-intensive techniques are also the four most profitable ones. What is a little less evident, although still clear enough, is that the range of variation in profitability across techniques is narrower than in investment and employment, the three ranges being as follows:

NPV	84.7 - 100
Investment	69.2 - 100
Employment	100 - 301.1.

This is important since it has a bearing on the trade-off between profitability and employment; and on that between profitability and investment. Technique 4 in the table would, as compared to technique 1, require 2 per cent less in the way of investible funds, provide more than 74 per cent more employment, and would still deliver 98.5 per cent of the net present value. It should also be noted that if NPV/K were the criterion of choice the appropriate technique would be number 9 – which would save more than 30 per cent on investible funds and more than double the employment associated with the use of technique 1.

It may be asked if this 'finding' is a general one? There is some evidence that it is, at least across a range of industries of interest (to be found in) in developing countries.[10] How is the phenomenon to be explained? If changes in technique were confined to changes in capital and labour employed, and capital and labour costs together were not too large a proportion of total cost, then – particularly since with efficient techniques changes in capital and labour compensate each other – the results described would not be surprising. It has earlier been noted that variations in technique are not to be taken as comprising solely changes in capital and labour inputs. Nevertheless, the conditions specified above are often partially fulfilled and so do help to explain the finding.

The data of Table 6 have been used to illustrate the desirability of going beyond the selection of the least-cost technique. In doing this it has been convenient to introduce net present values although this was not strictly necessary since the point could have been made by comparing present value costs. At all events, the main point is that it is useful to cost and consider more techniques than the single least-cost one. How far one should go in this respect depends on time and circumstance, and would vary according, *inter alia*, to the number of alternative techniques identified. As a minimum, however, it is suggested that four techniques should be costed and compared: the least-cost, the most machine-intensive, the most labour-intensive and the 'second-best'. The first three techniques have already been described and discussed and using the methods outlined above should normally be easy enough to find. If the least-cost coincides with either of the other two, the number to be considered reduces from four to three. The fourth technique – the 'second-best' – is that which comes closest to the least-cost in lowness of cost, but which provides 'significantly' more employment. The purpose of including this technique is again to facilitate consideration of the trade-off between profitability and employment. Given the purpose it is not easy in practice to say exactly how the 'second-best' should be found. Consider alternatives for four sub-techniques all technically independent of each other. A 'second-best' technique could quickly be discovered by finding the sub-process at which the difference between the least-cost and the next cheapest alternative is smallest. This alternative could then be combined with the least-cost sub-technique at the other three sub-processes. Comparison of this 'second-best' with the least-cost technique could, however, possibly reveal trivial differences in cost and employ-

ment. An alternative procedure would be to comprise the 'second-best' by taking the next cheapest alternative sub-technique to the least-cost at each stage of the relevant process. This could result, however, in a 'substantial' increase in the cost as compared to the least-cost technique. It follows from this discussion that the identification of the 'second-best' technique involves an element of trial and error and somewhat arbitrary judgement. In some instances – as in the sugar example above – it may suffice to rank order a limited number of techniques according to capital intensity.

By way of final illustration, attention may again be turned to the making of upper leather from cattlehides. Combining three of the first four stages into a single wet stage as before means that there are 14 sub-processes through which cattlehides pass before they are transformed into leather. Tanning, the process of converting raw hides (and skins) into leather, involves converting the protein in the hides (which is subject to decay) into a stable, non-putrefiable, material. In chrome tanning, this takes the form of pickling the hides in sulphuric acid and common salt, and subsequently treating them with solutions of chromium salts. This is done in the wet blue stage which comprises five sub-processes. The chrome-tanned leather is got ready for finishing at the crust stage (six sub-processes), and is finished in another five sub-processes. The alternatives are set out in Table 7.

Table 7

Alternative sub-techniques for manufacturing upper leather from cattlehides

Sub-process	Sub-technique	Sub-process	Sub-technique
1. Combined wet stage	1.1 Paddle and wooden drum	8. Drying	8.1 Batch toggle
	1.2 Wooden drum		8.2 Auto toggle
	1.3 Concrete mixer type		8.3 Vacuum
	1.4 Y-Comp. steel		8.4 Paste
2. Fleshing	2.1 Mechanical	9. Staking	9.1 Jaw-type
	2.2 Hydraulic		9.2 Vibratory
3. Sammying	3.1 Mechanical	10. Buffing	10.1 Ordinary mechanical
	3.2 Hydraulic		10.2 Endless band
4. Splitting	4.1 Mechanical	11. Seasoning	11.1 Hand padding
	4.2 Hydraulic		11.2 Semi-auto padding
			11.3 Auto-padding
5. Shaving	5.1 Mechanical	12. Pressing	12.1 Mechanical
	5.2 Hydraulic		12.2 Hydraulic
6. Re-tanning, etc.	6.1 Wooden drum	13. Spraying	13.1 Hand
	6.2 Concrete mixer type		13.2 Semi-automatic
	6.3 Y-Comp. steel		13.3 Automatic
7. Setting out	7.1 Mechanical	14. Measuring	14.1 Pin wheel
	7.2 Hydraulic		14.2 Electronic

Since the sub-processes are technically independent of one another, there are more than 220 thousand techniques which would be used. However, once the sub-techniques have been costed – and remembering that this requires manning levels to be specified – it is readily

possible to identify the most machine-intensive, the most labour-intensive and the least-cost techniques. Based on Asian and African conditions the composition of these in the processing of 1200 hides per day would (in terms of Table 7) be as follows:

Sub-process	Technique		
	Labour-intensive	Capital-intensive	Least-cost
1	1.1	1.4	1.1
2	2.1	2.2	2.1
3	3.1	3.2	3.2
4	4.1	4.2	4.1
5	5.1	5.2	5.2
6	6.1	6.3	6.1
7	7.1	7.2	7.2
8	8.1	8.3	8.1
9	9.1	9.2	9.2
10	10.1	10.2	10.1
11	11.1	11.3	11.1
12	12.1	12.2	12.1
13	13.1	13.3	13.1
14	14.1	14.2	14.2

To obtain a fuller picture it is necessary to take account of materials being moved from stage to stage, which can be done manually or mechanically. Manual methods are least-cost.

From the above tabulation it appears as though the least-cost technique is marginally closer to the labour- than to the machine-intensive. In the absence of information on the relative weight of each sub-process in total costs it would not, however, be possible to confirm this. As it happens, when the total discounted costs for each of the three techniques are calculated the appearance is confirmed, although the differences between the labour- and capital-intensive techniques – and indeed among all the techniques – is not great. Thus again based roughly on operating conditions in (poor) Asian and African countries the present value costs of the labour- and capital-intensive techniques might be expected to be 1 per cent and 1.5 per cent higher respectively than the least-cost technique.

NOTES

1. J.M. Keynes, *General Theory of Employment, Interest and Money*, MacMillan, London, 1936.
2. Pickett and Robson, "A note on Operating Conditions and Technology in African Textile Production", *World Development*, Vol. 5, Nos. 9/10, 1977.
3. For fuller discussion see Pickett and Robson, *The Choice of Technology in the Production of Cotton Cloth*, Scottish Academic Press, Edinburgh, 1981, Chapter IV.
4. Pickett and Robson, *op.cit.*, World Development, 1976.
5. For more detailed consideration of technical efficiency see A.K. Sen, *Employment, Technology and Development*, Claredon Press, Oxford, 1975, Chapter 11.
6. See Huq and Aragaw, *The Choice of Technique in Leather Manufacture*, Scottish Academic Press, Edinburgh, 1980.
7. Sir A. Robinson, "The Availability of Appropriate Technologies" in Robinson (editor) *op.cit.*
8. See, for example, Schwartz and Berney (editors), *Social and Economic Dimensions of Project Evaluation*, IADB, Washington, 1977. Those wishing to flavour the complexities of the debate – even when the intention is to produce criteria that are policy useful – may wish to consult C.R. Dominique, "Choosing the Appropriate Project Appraisal Method for a Labour Surplus Economy", *Industry and Development*, No. 10, UN, New York, 1984.
9. J. Pickett, *Report etc. op.cit.* It should be emphasized that the figures in the text are illustrative but not thereby misleading.
10. See J. Pickett (editor), *The Choice of Technology in Developing Countries*, (special issue of *World Development*, Sept./Oct. 1977).

33

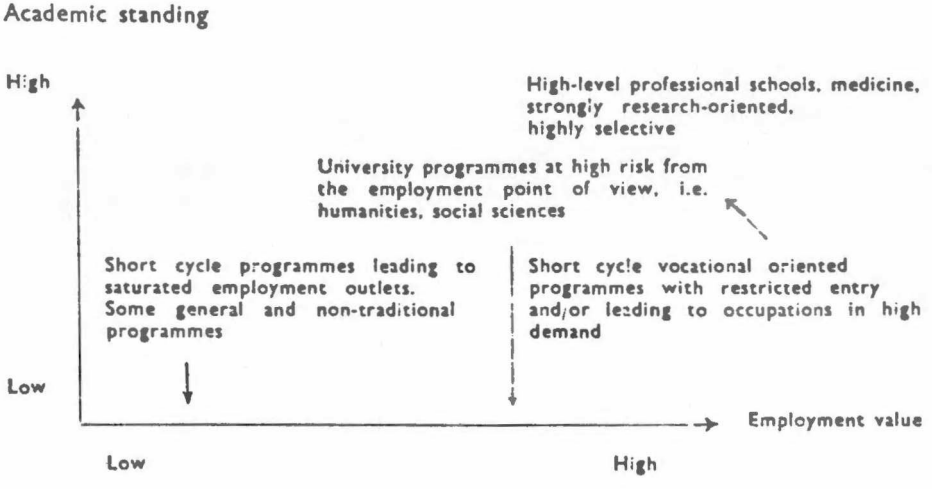
ASPECTS OF HIGHER EDUCATION PLANNING IN MARKET ECONOMY SYSTEMS

by Prof. CH. OEHLER, with the collaboration of Prof. U. TEICHLER and Prof. ST. HORNBOSTEL

Address:
Wissenschaftliches Zentrum für Berufs-und-Hochschulforschung, Gesamthochschule Kassel, Henschelstr 2, D—3500 Kassel Federal Republic of Germany

tion was the first to be affected by this trend as government reductions in the areas of primary and secondary education, their failure to adopt staff intensive reform measures, and in some countries, falling numbers of primary and secondary school students, brought about a surplus of trained teachers. The social sciences (political science, psychology, sociology) the study of which does not lead to clearly defined careers were hit particularly hard. But as academic unemployment increased, the situation deteriorated for many other disciplines, and not only for those which prepare students for public sector employment. Employment opportunities differed widely from country to country and could change with relative rapidity. In the Federal Republic of Germany, the employment possibilities for architects became particularly unfavourable.

From that point on the dichotomy, still widespread in the 1960's between 'noble' and 'less noble' sectors within higher education systems became increasingly obsolete. To the old prestige differentiations between institutions and study programmes which were based on traditional academic value systems and sometimes reinforced by *numerus clausus* provisions were increasingly added the values of particular types of education on the labour market. Furth presented this dislocation of institutional structures in a graph which we reproduce (Furth, 1982).



These changes in the ranking of institutions that are no longer determined by the traditional differentiations of university and non-university sectors have produced, in many countries, a further blurring of institutional types and study programmes regarding the functions, goals, standards, and prestige of the latter. It should be noted, however, that old institutions that have traditionally been geared to the education of elites have been little influenced by these shifts as is demonstrated, for example, by the most recent French higher education law which excludes the *Grandes Ecoles* from its reform measures.

On the whole, a structural analysis of the different higher education systems in the 1970's illustrates the following characteristics:

(1) A convergence in the development of national higher education systems, which had been expected to occur at the end of the 1960's, occurred only to a very modest extent. Apparently, the pressures emanating from the socio-economic system prevailing in the industrial market societies favouring convergence were so weak that the specific higher education structures based the socio-cultural traditions of individual countries were able to survive. This reality did not exclude the functionally equivalent results that were achieved despite differing structures.

(2) The problems which arose when new institutions were established and structural models, implemented, usually turned out to be greater than had been anticipated during the planning processes. Similarly, the existing structures were far more resistent to change than had been envisaged. The inertia of universiy structures, even under changing governments, reinforces this impression, although the existence of such inertia has not prevented moderate changes from occuring.

(3) The far-reaching changes occuring in the general employment situation during the 1970's led to changes in the reputations and the drawing power of respective institutions and fields and thus to a reassessment of the structure of higher education systems in general. As a consequence, higher education planners are less likely than they were a decade ago to be guided by great structural concepts. The emphasis today is on partial measures which, in the long run, can have important structural consequences.

3. THE PLANNING OF HIGHER EDUCATION SYSTEMS

3.1. Planning Goals and Planning Models

During the 1960's, concepts, instruments and organizations for higher education planning emerged in the Western European countries. Routine administrative tasks and simple processes of continuity were replaced by a desire to shape the university system anew according to far-reaching goals. The emphasis was placed on the quantitative and structural planning of study courses and student enrollments. Planning meant planning for expansion at a time when student numbers were increasing rapidly and increase was considered appropriate. Other functions of universities, particularly research, played only a subordinate role in the higher education planning of the 1960's.

The perceptions which arose concerning the tasks of government planning for higher education were of different varieties. In some countries, attempts were made to subject planning as much as possible to the conventions of the market place. The clearest example of such planning are the subsidies for universities given by the Federal Government of the US in order to reduce inequalities of opportunity. They have been granted directly to the universities but come to them in the form of student scholarships and through the assumption of the high tuition costs of students. It is true that the advocates of pure market models have criticized such subsidies as a reduction in educational investments that tampered with

market mechanisms, but the market concept was dominant in the idea that the universities should receive federal subsidies through the individual education-related decisions of their students. One should not overlook, however, that government planning for the expansion of state universities or through the establishment of university development plans played a much larger role in almost all states of the US than is apparent from such market oriented methods of subsidy.

Attempts have been made in some countries to plan higher education systems as comprehensively as possible. In such cases of education planning in market economies, planning has the task of predicting both the educational opportunities which will be available as far into the future as possible and the qualifications that will be needed in the labour markets of the future. At the end of the 1960's, the Federal Republic of Germany, more than any other Western European country, established a network of organizations and instruments which corresponds to this kind of planning (Hüfner, 1984).

Some other Western European countries, on the other hand, chose to make a number of basic decisions concerning the long-term development of their higher education systems and thereby to establish guidelines for ongoing decisions; however, they failed to substantially change the bodies and channels of university government and administration in order to create a distinctive planning instrument. A typical example of this approach is the Robbins Report and the role it played in the United Kingdom.

The discussion about planning models in the 1970's was very much dominated by economic approaches. One question which was debated concerned the extent to which planning was to be guided by market signals about educational and occupational careers (the rates of return approach) as opposed to projections of manpower and social demand. So far as the latter was concerned, a discussion arose as to whether social demand was to be the guiding line, the universities being permitted to expand according to anticipated demand for education, or whether manpower demand should be emphasized with planning directed accordingly.

In a further stage, planning models attempted to direct the utlization of resources in such a way that study preferences and the demand for graduates would be balanced against available means to the extent that only a minimum of conflict would occur between individual interests and the interests of university systems as such. But these approaches, based to a great extent on economic models, have remained largely academic. A variety of forces which originate in society, in government, and within the universities themselves which shape the expansion of higher education cannot be predicted or considered in the design of such models. Nevertheless, they have made clearer the side-effects which isolated planning approaches can generate within university systems. Examples include status conflicts among groups of university personnel; lack of coordination among study programmes having mutual transfer posibilities, and discrepancies among the development rates of different institutions of higher education.

In the majority of the planning concepts of the 1960's in Western European countries, the anticipated demand for education became the most important guideline for higher education policy and planning, even though consistent planning approaches in this direction were not always developed. The social demand approach was greatly favoured for various reasons. In many countries, all qualified graduates of secondary schools traditionally have had a right to study at a uni-

versity. Furthermore, the assumption has been widely held that economic needs justify a strong expansion of higher education systems and that the resulting expansion which is in line with demands for education is essentially in harmony with manpower demand. Finally, it would not have been in accord with the basic socio-political ideologies of most Western European countries to have controlled the education system in order to meet anticipated employment demands.

In the course of the 1970's, ideas about the functions and possibilities of higher education planning changed markedly in most Western European countries. The first change concerned the goals of planning and the expectations concerning the steering capabilities of planning. Only very gradually did the procedures and instruments for planning also change.

The assumption that a shortage of highly qualified manpower existed was gradually replaced by the idea that the total numbers of university graduates exceeded the needs of employment systems (Teichler, Hartung, Nuthman, 1980). This shift has been partially the result of the growing economic problems which have appeared since 1973. In most countries, however, as it has also been the result of the rapid expansion of universities, it is thus not surprising.

Only in a very few countries, has the now widely held notion that higher education planning tasks take place under conditions of an abundant supply of graduates led to a great popularity of demand forecasts and to the directing of higher education systems in response to such forecasts. In addition to the above-mentioned general socio-political reservations about a planning approach determined by manpower demand, the theory that only very limited predictions can be made about the need for qualified manpower also gained ground. According to this theory, this need cannot be determined with precision because developments in the labour market hold too many surprises and because the possibilities for substitution have been far greater than what has been assumed in the planning models of the manpower requirement approach. The result has been discussions among educational economists and sociologists as to what extent 'screening' and 'filtering', in addition to the provision of qualified manpower and the distribution of status, are the proper functions of universities (Berg, 1970; Blaug, 1972; Teichler, 1974). Under such circumstances, labour market prognoses increasingly lost ground as guidelines for higher education planning, even though in many countries such information influenced current decisions, especially those concerning the expansion or reduction of certain disciplines or institutional types (Fulton, Gordon, Williams, 1982)

Secondly, at the start of the 1970's, higher education planners became clearly disappointed that expansion of educational opportunities and the many different measures that had been taken were making only limited contributions towards reducing social differences in university access. Higher education planning lost much of that part of its socio-political justification which was based on the argument that the expansion of universities and the elimination of social inequalities were very closely connected (Husen, 1979).

Thirdly, higher education planning suffered a general retreat from ambitious goals (Cerych, 1980). In part, there were difficulties in the implementation of plans — a phenomenon that occurred in other areas of policy making. Discussions about implementation became popular. Also, the undesired and unexpected side-effects of planning continued to emerge. These side-effects included

academic drift, the counter-reaction to the upgrading and expansion of non-university institutions of higher education and the excessively large numbers of talented youth who attempted to enter highly selective fields like medicine.

In addition, the instruments and procedures of planning had been largely geared to growth. In the Federal Republic of Germany, for example, state-wide planning bodies lost much of their importance owing to the fact that their function had originally been that of distributing funds for expansion (Recum, 1984). Thus these bodies lost their rationale under circumstances of declining growth.

All these experiences led not so much to dramatic changes in the course of higher education planning, but rather to a rejection of sweeping goals and projections. As developments went in the 1970's, such planning seemed to be less guided by vast perspectives and far-reaching measures then in the past. It would be incorrect however, to assume that higher education planning has largely disappeared. Reactions have differed from country to country, as will be explained below, as the instruments and the importance of higher education planning developed in differing ways during the period of greater optimism. In addition, a distinct process of accommodation has occurred as a result of the changed conditions of higher education planning, and smaller steps have been taken in the development of goals and instruments. Furthermore, the range of planning perspectives broadened. The planning of quantities and structures as determined by student number was no longer the predominant focus. Concerns about curricula and academic levels of education were added. The relationship between the teaching and the research functions of universities received much greater emphasis in many Western European countries around 1980 than it had in the two previous decades. It lastly became clear that in view of limited resources and of the increasing uncertainty relative to future developments (to be discussed below) planning presents challenges that call for new concepts and instruments.

A further important tendency in the relationships linking universities, government, and society — one which relates particularly to the management of planning tasks — can be designated as participation. Formally speaking, this concept refers to the participation of different university groups in administrative decisions. But it is also considered to include the influence which representatives of social groups exercise on universities and their administrative bodies by means of various advisory committees.

Turning to the latter dimension of participation, the role played by external representatives, we note that its rationale rests on the issue of the extent to which research and teaching should be responsive to societal interests and needs, an issue frequently raised in public debate. External members of committees, advisory boards etc., may represent employers, labour, and other social groups. They may also represent local bodies the interests of which do not necessarily coincide with those of national bodies.

There are considerable differences among the countries under consideration regarding external representation (Daalder, Shils, 1982). The United Kingdom, for example, has a long tradition of membership of local representatives in the 'courts' of universities, as well as in the 'councils', the powerful executive bodies (Clayton, 1983). Some continental Western European countries implemented substantial changes in this direction, partly in response to the student movement of the late 1960's. For example, Sweden and Denmark strongly emphasize the repre-

sentation of employers and labour (Goldschmidt, 1974). France, and recently Spain, established both external and internal participation in university bodies. Other countries have not established any direct links between university and social groups.

The overall result of efforts to establish external participation has remained limited. The influence of public representatives on decision making, both on institutional as well as suprainstitutional levels, has not become strong. Institutions of higher education have more or less evaded social control so far as teaching and research is concerned. At least, there is no real coordination between quantitative and curricular planning, on the one hand, and the view of employers and labour regarding the demands of the economy, on the other. Exceptions might be Sweden and probably France, if recent legislation has had the intended impact. This does not mean, however, that social demands do not successfully make their weight felt in the overall development of higher education.

Increasing internal participation came about as a result of the student movement, but it corresponded to governmental goals in many countries. Thus it is not surprising to observe that the representation of various internal groups, especially junior staff members and students, became a major issue of legislation in connection with efforts to expand higher education, especially through the establishment of new institutions of higher education. These groups, in particular, have demanded the opening of universities.

The universities themselves did not prove eager to change decision-making modes. When, however, governments began increasingly to intervene in matters of organization and curricula as well as to adapt quantitative and curricular planning to changing demands for manpower, co-operation between professors and other internal groups emerged in many countries in terms of a joint opposition to governmental policies. The response to legislative actions in France in recent years might be viewed as a typical example of such co-operation.

During the 1970's governmental policies regarding internal participation changed in many countries, partly as a response to the above mentioned consequences of the implementation of participation. In some countries, the share of votes given to junior staff members and to students was reduced.

In considering both decision-making patterns and the role of internal and external participation, we can observe a shift of power towards suprainstitutional levels. At the same time, insitutions of higher education have been compelled to establish new administrative patterns in the face of institutional growth, a trend which has led to growing anonymity in the making of decisions and the resolution of conflicts. On the other hand, participation in university self-government has strengthened the position of universities, for they have become increasingly capable of being active partners in interactions linking institutions of higher education, governments, and society. Also, the tendency has been to not regard planning as the arbitrary implementation of goals set by the state, but rather as a process of adjustment between the specific goals of individual universities and the need to balance these goals against supraregional interests as represented by the state.

Given this development, the goals set for the participation of social groups from outside the university have only been achieved to a very limited degree. The influence of regional advisory committees and central advisory committees for planning and study as well as reform commissions have remained small (the Federal Republic

of Germany is a good example of this type of situation). Universities have more or less evaded control by society over their research and over the contents of their teaching. Only on paper, in any case, have the expansion of universities and the planning of study programmes, on one hand, and the practical demands of the 'recipients' of university graduates, on the other, been balanced against each other. Sweden is an exception, and so may become France as the result of its latest legislation if it is in fact put into practice. It is nevertheless uncontestable that many of the demands of society have been realized because of the participation of such groups from within the universities.

An additional result for higher education planning since the 1970's has been the fact that it must now deal with more constituencies. These include the different groups from within the universities, and those from among the outside groups, which exercise influence on the respective governments and parliaments. For the universities themselves, this multiplicity of constituencies means that they must defend their legitimacy in different directions. It has thus become more difficult since the 1970's for planning strategies to find acceptance as planning for economy and 'accountability' in all the countries under investigation have replaced planning for unlimited expansion.

Increasingly, the prevention of situations in which the ability of universities to innovate is restricted and inhibited by plans which are overly rigorous and overly perfectionistic has come to be seen as a function of planning. Planning, as is now emphasized must itself be flexible. Plans should be subject to revision more frequently than they were in the past, so that they can respond rapidly and appropriately to social, economic, and scientific developments. On the whole, therefore, the increase in state intervention in many countries has gone hand in hand with increases in the degrees of self-articulation granted to universities so that they may shape their own destinies.

3.2. Actors of Planning

Increases in student number, expansion of universities, and structural reforms went hand in hand with growing needs for overall planning and efforts to reshape the relationships between university and society. On one hand, a trend arose in favour of democratization of decision-making and planning processes, and on the other hand, in favour of more influence by society either through stricter government planning frames or through the appointment of non-university related persons to decision-making committees. Not only, therefore, have the actors in planning processes become more differentiated since the reform movements of the 1960's but the objects of planning have also changed insofar as the processes of implementation must now be planned against backgrounds of changed power and decision-making structures. These changes in the planning situations inherited from the 1970's, changes which appear somewhat contradictory, have proceeded quite differently, depending on respective conditions in individual countries (OECD, 1983).

On the whole, the higher education planning which took place in the countries under investigation during the 1970's can be classified according to the extent to which it affected the higher education system of each country and the level at which planning bodies became active. In countries in which higher education is centrally

organized and administered comprehensive reforms tendend to be the rule (France, Federal Republic of Germany, Sweden), while in the countries in which the universities have traditionally had a high degree of autonomy and reduced government interference, planning has tended to limit itself to individual problem areas and institutions (the United Kingdom, USA, Canada). The borderlines, however, between both types are not clearly marked. To a certain extent, a counter trend can be noticed. In places in which comprehensive planning has substantially influenced the development of higher education systems, shifts in favour of decentralized, partial, sectoral planning, etc., seem to have taken place since the end of the 1970's (for example in the Federal Republic of Germany). In countries in which comprehensive planning at the national level has been de-emphasized, the need for centralized coordination and planning is apparently on the rise due to increasing problems (for example, the United Kingdom). Then again, in many countries, a planning process which deals with basic questions of structure is still being implemented (for example, the higher education reform laws of 1984 in France and in Spain).

Finally, the influence of planning agencies on newly founded institutions has often been greater than their influence on already existing ones. This fact is not surprising as the former have often owed their existence to planning decisions, the goals of which could not be realized at existing universities. They could furthermore only be established as a result of continuous flows of additional funds for which planning usually had to provide the justification. The latter institutions, on the other hand, have been dependent on such funds as they already possess solid organizational structures for research and teaching. Integrated planning concepts which have attempted to reshape whole higher education systems were developed early on, in Sweden, for example, in the case of the Commission U 68. This commission included representatives not only of the universities and the Ministry of Education but also of the political parties, interest groups from outside the universities, as well as of employer and labour organizations. Higher education reform, moreover, provided for the institutionalization of further planning, both quantitative and qualitative, to be conducted by various panels. These included representatives of different social groups in addition to representatives of the universities and of the Ministry of Education. In addition, a 'National Board of Universities and Colleges' was created at the central level, as well as 6 more 'Regional Boards'. To these were added further planning panels at the level of individual universities and faculties.

Such decentralization of decision-making and planning structures can be found in almost all countries which traditionally have rather centralized organizational and administrative structures for their higher education systems. It was not only in Sweden that decision making and planning authority for internal, financial, curricular, and structural questions shifted from the individual universities to regional and institutional levels. In the Netherlands, the University Administration Reform Act (WUB 1970) and subsequent higher education laws created councils at the departmental and university levels as well as the Academic Council at the national level, the latter being responsible for discipline-specific long-term planning. In addition all universities are represented on a Permanent Planning Committee. Other planning initiatives and processes of co-ordination originate in a Joint Policy-Making Group in which the ministry participates. While the existence of such different panels does not give a clue to the extent of state influence, it nevertheless shows how widespread the planning process has become. This ambivalent relationship

is exemplified by the planning of budget reductions ordered by the Ministry of Education in 1982. Based on a report of the Joint Policy-Making Group, the Ministry of Education of the Netherlands confronted the universities with the choice of either realizing required reductions by means of independent planning or accepting a reduction plan established by the Ministry. A committee for task redistribution and rationalization was created. It consisted of members of the executive boards of the individual universities and was chaired by the Ministry of Education. As the result of a complicated process by which the co-operation of all the universities was secured, this commission established a development plan for the universities which provides for considerable reductions and structural changes (Rosenberg, 1983). Although such forms of joint policy tend to resemble the British planning system and to raise corresponding problems of legitimacy, a similar combination of growing state influence and more widespread planning, horizontal as well as vertical, can be found in other continental European countries.

The focus of planning for higher education in the Federal Republic of Germany has shifted since the 1970's. After the phase of expansion of the existing universities, after the foundation of new ones and the upgrading of higher-level discipline-specific schools to university-level schools and their integration into the higher education system, and after the partial integration of teacher education into the universities, a phase of consolidation of achievements followed. Newly founded institutions were 'consolidated'; 'infrastructures' of universities were improved, construction projects, especially clinics, were completed, and a few foci were developed for the further expansion of some career-oriented study programmes as well as some areas of research. The total available number of student places determined by physical space available was not raised beyond 80,000 despite a number of students at present which exceeds one million.

While higher education was being expanded, great importance was above all given to the different coordination bodies linking colleges, states, and the federal government. In addition to the university development plans of all the states, various memoranda concerning the new institutions, particularly the recommendations of the Academic Council *(Wissenschaftsrat)* served as guides. Moreover, the co-operation which took place between the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs *(Ständige Konferenz der Kultusminister)* and the West German Rector's Conference *(Westdeutsche Rektorenkonferenz)* was important for facilitating co-ordination among colleges and the states (Peisert, Framhein, 1978).

Special emphasis was placed on the common planning of new higher education construction which continues to be financed half by the Federal Government and half by the *Länder* (a practice that was briefly under attack). An institutionalized planning body of the Federal Government and of the *Länder*, the Planning Committee for the Construction of Higher Education Institutions *(Planungsausschuss für den Hochschulbau)*, serves as the guarant or of the principle of a regionally balanced supply of study programmes and educational opportunities.

Government influence on higher education has increased with the enlargement of planning functions at the same time that the number of involved bodies and institutions has multiplied.

The relevance of different planning bodies has shifted with changes in planning objectives. Although the long-term planning of expansion and structural reforms used to be at the centre of interest, the focus of planning is now the calculation of edu-

cational capacities and the budgetary management of the salaried positions which they determine. Special significance has been attached to the reallocation of teaching staff positions at institutions of higher education, for example in the area of teacher training, an area in which interest has been rapidly declining since the middle of the 1970's due to the falling employment prospects. At the moment, discussion is shifting to the question of which universities should carry the greatest weight and prestige including funding for research, an area which, up until now, had been largely free of such competition.

In France, the *loi d'orientation* of 1968 has increased the importance of planning at the institutional level. The UER *(unités d'enseignement et de recherche)* and the individual universities thus acquired more room for action and initiative. Simultaneously, non-university members from the unions, the employer associations, and the regional administrations were added in varying compositions to University Councils (up to the latest reforms of 1984).

The tendency towards representation is even stronger in Spain, where the *ley de reforma universitaria* of 1983 assigned the administration of the universities to the autonomous regions. Planning functions at the institutional level were assigned to a *claustro universitario* which is paralleled by another committee, the *consejo social*. Most of the persons sitting on this committee are not affiliated with the given university. Its principal task is to guarantee that the universities operate within certain social expectations even if their internal management and financial operation are not subject to the review of this committee.

The situation is different in the United Kingdom. As late as 1977, Becher, Embling, and Kogan characterized the planning situation as follows: "Although ... there is a uniform basis for identifying higher education and a greater approach to equality between the three sectors — the university, the institutions of further education, and the colleges of education — it would be impossible to speak of coordination, still less of an organization and difficult indeed, despite the White Paper of 1972, to identify any consistent planning" (Becher, Embling, Kogan, 1977).

Comprehensive structural reforms (as for example in Sweden) could not be developed in any significant measure, in the United Kingdom, due to the structural pre-conditions of higher education in that country characterized by far-reaching decentralization, organizational and administrative separation into a binary system, the delegation of planning functions to buffer agencies, and a largely pragmatic educational policy. Higher education planning was therefore geared, first of all, in the 1960's, to the quantitative expansion of university capacity through the founding of new state universities and the development of the polytechnics. This basic structure was completed, during the 1970's, by the establishment of the Open University. Against this backgound, the planning process appears as a complex interaction among very diverse institutions. Country-wide planning has been proposed by the Department of Education and Science (DES) in a number of 'white papers', often on the basis of reports by *ad hoc* commissions (the latest was the Finniston Report on engineering education). Detailed planning is conducted mostly by the University Grants Committee (UGC), a 'buffer institution', whose members are university teachers for the most part (along with a few representatives from industry and the local authority), and of course by the universities themselves which are dependent on the UGC for their financial allocations but nevertheless have considerable freedom in the use of the 'block grants' which they receive.

This decentralized planning concept has undergone substantial changes since the beginning of the 1980's, even though discussions about new planning concepts and institutions as well as a gradual change in the balance of power among the different institutions were noticeable as early as the middle 1970's. Thus a similar 'buffer institution', the National Advisory Body (NAB), was created for the polytechnics which until 1982 had been directly subject to the Local Education Authorities (LEA) and to the DES. The NAB, however, consisting of members from the DES, the LEA, the trade unions, the employers as well as the directors of polytechnics, differs considerably from the UGC. Recently another coordinating body was added, the Transbinary Committee, the task of which is to coordinate the private and public sectors. The DES is represented in all these committees. In addition, the DES itself took the initiative for a more structured and centralized planning of higher education. The imposition of changes going back to the 1970's in the balance between the sciences and the arts, the enactment of budget reductions in the 1980's which affected different universities, the inception, of the 'newblood' programme to improve the personnel situation in certain areas, and the formulation of a deliberate policy for the support of research, all indicate that the DES is increasingly taking on steering and planning functions. In the process, the role of the 'buffer institutions' is clearly becoming more difficult, for the latter stand to lose their reasons for existence if they become the executive organs of the DES or their functions or if they prove unable to implement the directives of the DES (Clayton, 1983; Steedman, 1982). As a consequence of the high degree of institutional autonomy the United Kingdom planning procedures and planning institutions aside from the UGC developed primarily at the level of the individual universities. Especially in the newer universities, a complex planning procedure was developed by which various committees at different levels carry out and coordinate not only long-term planning (5—7 years) but also the short-term planning of operations and budgets.

In the USA, too, it has become necessary to coordinate institutional planning with the planning done at the state and federal levels. In contrast to the situation in most continental European countries, the planning functions and competencies of individual institutions have special significance, not least of all because of the large proportion of privately controlled institutions of higher education. The separation between a private and a public sector of higher education has been, however, of no great significance for the development of governmental planning bodies. Growing efforts by state governments and the federal government to participate in the planning and the directing of higher education were noticeable as early as the late 1950's, and increasingly since the middle 1960's. Governmental participation in planning consisted primarily of direct and indirect financial contributions to the development of universities and of research. The various governments also created a legal framework to increase educational opportunities for socially disadvantaged groups.

In addition to the many planning and advisory panels which have emerged since then at all levels, mention should also be made of the major foundations, for they have often provided important stimuli for the debate on planning. In 1980, for example, the Carnegie Council pointed out, having conducted a detailed analysis of development trends in higher education, that the changed conditions of the 1980's had created a special need for the comprehensive planning of higher educa-

tion at the national level. Such planning, the Council added, should make use of the financial control mechanisms developed for the purpose of enforcing affirmative action policies. Such federal planning, admittedly, presupposes corresponding planning processes at the regional and institutional levels (Carnegie Council on Policy Studies in Higher Education, 1980).

On the whole, it is clear that since the end of the 1960's, in almost all the countries analyzed, a broad spectrum of planning agencies (with varying competencies and functions) has emerged. The agencies in question are both horizontally aligned and vertically organized, a situation which has resulted, depending on the initial situation, either from the growing importance of cultural planning bodies or from the decentralization of planning and decision-making structures. The result has been the increasing possibility that planning intentions will be negated. It is clear, for example, that the opportunities of universities or of individual members of their staffs to evade measures occur more frequently than was suspected by the planners of the 1960's, the approaches of whom were somewhat naive.

3.3. The Efficiency of Resource Utilization

Since the middle of the 1970's, if not earlier, planning for expansion has been replaced in almost all countries by a phase of consolidation and of attempts at rationalization. The forms taken by this transition have varied.

In general, rigorous financial restrictions have been particularly characteristic of the Northern European countries and the USA. The Southern countries, on the other hand, have been under great political pressure to keep the universities accesible. In all countries, however, the decisive planning problem has been one of reconciling the original projects geared toward expansion with the need to establish financial priorities.

The priorities that are set depend strongly on the political forces which determine government action in individual countries. Thus the Tory government in the United Kingdom grants allocations through the UGC in order to set priorities in support of study programmes, the graduates of which are considered as particularly important for the revitalization of economic growth. Furthermore, this government has clearly favoured the traditional universities. In the Netherlands, recent financial reductions have affected primarily the social sciences and the language and literature courses which are considered to be of reduced importance.

But the tendency to establish priorities in research and teaching has become a characteristic of higher education planning everywhere since the end of the 1970's.

Only in a few countries do these financial restrictions mean that the funds for higher education have declined in an absolute sense. (Kogan, 1983). But in view of the greatly increased size of the university sector and the resulting larger number of applicants for research funds and sometimes simultaneous inflationary increases in costs, a mere reduction in the rate of increase can have the effect that the existing means are exhausted simply for the consolidation and maintenance of institutions, for the replacement of material, and for the maintenance of the 'infrastructure' of research, i.e. libraries and laboratories, etc.

Thus public pressure upon the universities to increase their accountability has become inevitable. They must be able to prove that they have made efficient use

of the means appropriated to them. The most elaborate instruments for the measurement of efficiency have been developed and applied in the USA. Even earlier, certain American institutions had made efficiency criteria part of structural planning without waiting for the Federal government to give the signal. Up to this day, recognized and transferable university management systems do not exist. To some extent, this situation results from the internal resistance of universities to the application of economic cost-benefit calculations as they were in fact developed by university economists in connection with manpower research. But the real reason for its existence lies in university systems themselves. Higher education researchers and planners as well as university administrators believe that universities would be less capable of fulfilling their specific tasks of basic research and high level training, tasks which benefit the other segments of society, if they were guided entirely by state-imposed criteria as to a rational organization of teaching and research. In the long run, if they were so guided, they would probably lose their ability to meet the new challenges which will always come their way.

One must nevertheless recognize that government and university administrations had necessarily to develop standards, based on demand of efficiency, for the distribution of resources: staff positions, physical plants, and materials for research, teaching, and service. In the Federal Republic of Germany, all planning of staff positions — not the selection of the occupants of each position — is determined by the data which serve to calculate educational capacities, especially by the so-called 'curricular norms' which are standard measures of the quantity of teaching to be offered per student in each study programme and which include the upper limits of the number of participants in each course and seminar. It is thus clear that higher education planning today largely means planning for the allocation of resources according to standardized efficiency measures as applied to teaching.

This situation will become more acute for a number of universities, especially for some of the newly founded ones, when the demand for study places decreases and the study programmes available will no longer be fully utilized at all universities, a situation which in part is already the case for teacher training courses. At that point, the planning mechanism described above can give rise to the closing of institutions.

4. PERSPECTIVES FOR HIGHER EDUCATION PLANNING

A description of the development of higher education planning in the Western European countries since the beginning of the 1970's and a comparison of the structural changes in the functions of universities, which lie at the base of the planning, have shown that planners must deal with interrelationships between traditional university structures, changes in social demand for higher education, changes in the labour market for university graduates, innovations in admissions systems, changing curricula. The institutional differentiations among the higher education systems of different countries and the relationships among governments and universities have not converged in a generally recognizable way. The 1970's have thus contributed to the insight that the tasks of universities can be fulfilled in different ways, that a variety of structurally equivalent solutions exists.

Nevertheless, a number of preconditions for future higher education planning can be identified on the basis of past developments in the Western Europran countries:

— In the area of access and admission to higher education, the goal of reducing social selection in favour of greater democratization continues to be polyitically powerful. Nevertheless, as the capacities of university institutions were filled to their limits and as labour market situations deteriorated, it becomes necessary for planners to consider that a function of higher education is to guide students into certain careers. This function can be fulfilled by means of control and selection in the secondary schools, through the differentiation of admission standards for particular types of universities and study courses, and by means of gradated study phases which are in fact selective. At the same time, opportunities for gaining access to higher education through channels other than a standard secondary school education have gained importance. On the other hand, the more stringently enforced rules within higher education systems can be explained by the increasing heterogeneity of the educational backgrounds and competency levels of students.

— Changes in demands for education as well as quantitative and qualitative discrepancies between the qualification processes at universities and the needs of labour markets have stimulated a wide range of structural transformations of higher education. In some countries, these transformations have led to the establishment or the expansion of the so-called non-university sectores. In other countries, a similar effect has been achieved through the integration of individual educational institutions or of entire groups of institutions into higher education sectors proper. Elsewhere a diversification of study programmes and degrees has taken place within networks of existing institutions. In some countries, different higher education institutions were integrated into comprehensive university systems. A few countries have mixed systems; however, even these have eliminated existing or feasible differentiations so as to avoid any marginalization of higher education sectors. In addition to institutional differentiation, curricular differentiation is playing an increasingly important role, particularly by means of the provision of short study programmes and study programmes which proceed in phases. The result has been that higher education has become differentiated, in relation to levels of academic quality, on one hand, and in terms of prestige, on the other, in relation to standards of professional training.

So far as the adjustment between higher education and the labour market is concerned, the following basic tendency can be identified. After a phase during which higher education systems and labour markets for university graduates expanded more or less (although not entirely) parallel to each other, the assumption has prevailed, since the middle of the 1970's, that the discrepancy between both areas is likely to increase during a medium-term planning period up to about the middle of the 1980's. Although in the past, cyclical fluctuations in the demand for university graduates could be observed, due to a great extent to government employment policies, planners are now tending to assume that there will be a more profound time-lag between socio-occupational modernization processes, as career training becomes more academic and theoretical, and the supply of university graduates, resulting from the demand for higher education, especially by members of the so-called new middle class in most Western industrial countries. The assumption that a 'pre-stabilized harmony' exists in the development of both areas can no longer be sustained. Such an assumption could lead to a profound crisis which could threaten not only the very existence of higher education planning, but

of university education itself. A clear indication of the coming of such a crisis is apparent in the area of teacher training.

Such doubts about the absorptive capacities of employment systems have led to uncertainties concerning long-term individual educational strategies. So far, the trend among young people to be as highly qualified as possible when entering the labour market does not seem to be affected by the deterioration of occupational opportunities. Moreover, it appears that higher education systems are becoming catch-basis in response to increasing youth employment. On the other hand, the utilization of university graduates in the labour market has become more flexible, especially through increased possibilities for substitution.

Higher education planning itself has had to shift away from the concern with expansion and the resulting possibility of simultaneously making allowances for diverging demands. Instead, its task consists in administering scarce resources, despite a continuously rising demand, which has increased the need to test its efficiency and to rationalize the teaching and research processes at universities. Such a role has obviously increased opportunities for conflict.

Furthermore, planning goals in all countries have shifted to a greater or lesser degree. It has turned out that neither models based on social demand nor those based on manpower demand, nor models to optimize both, can be realized. They have all been replaced by demand for greater flexibility, for more openness to substantive reforms, as well as for limitation to general planning frameworks on one hand, and more detailed planning in individual sectors, on the other hand. Moreover, the relevance and effectiveness of planning concepts vary greatly depending on whether they are imposed on newly founded institutions, which themselves are intended to realize planning goals, or on older established institutions.

In connection with the development of planning concepts, the areas of influence of participants on planning processes have also shifted. A convergence can be observed during the period covered by this study, between planning approaches which were originally centralized and planning approaches which were originally determined by units of self-government. In the process, many interceding and mediating bodies have emerged or have increased their functions.

On the whole, increases such as these in the functions of higher education institutions have also brought them an increased ability to participate in planning processes. Resulting side-effects, however, are growing potentials for crises in the relationship between state and university, which could go so far as to completely paralyze comprehensive planning initiatives. But planners now are better able than before to comprehend and to anticipate problems, including counter-productive side-effects resulting from the imposition on the universities of technocratic planning concepts by outside authorities.

Finally, the planning process has, on one hand, become more complex as a result of the participation of social groups (even though their influence has remained quite limited) and because of the democratization of decision-making bodies within the

universities. On the other hand, the planning process is in tune with the interest of such groups. On the whole, democratization has increased the demands made in favour of the transparency and the legitimacy of higher education planning concepts and processes.

Given what has been said above, it is obvious that higher education planning in the countries under investigation is going through a transitional phase which can also be seen as a crisis of legitimacy. However, a return to the organizational structure of the immediate post-war period is unimaginable. Therefore, this study will conclude by listing a few common tasks which confront the countries under investigation during this transitional period and a variety of 'structurally equivalent' solutions.

As in the recent past, the planning of higher education access and admissions will have to meet a double requirement, that of keeping the universities accessible, thereby providing that equality of opportunity at the higher education level which has been achieved for secondary schooling as well as for the final stages of pre-occupational education, and that of making possible the differentiation of training and achievement as well as adjustment to changing occupational demands. Regardless of the discussions taking place about the consequences of the opening-up of universities, opportunities to qualify for university admissions other than through the traditional preparatory schools will have to be examined and expanded. International exchanges of experiences are particularly important in this area.

The diversification and integration of different types of universities and of educational programmes within national systems of education will have to be examined and possibly changed in response to questions about the extent to which they provide adequate frameworks in which individual study wishes, professional training, occupational demands, and study reforms themselves can be harmonized. Thus it will be necessary that the teaching goals and structures of newly founded institutions and those of the older ones be better adjusted to one another.

Planning will increasingly have to take into account the fact that the educational goals of universities will have to be more strongly diversified so as to correspond to the diversity of employment. The dividing lines between university education and vocational training will thus become blurred. Moreover, continuing education, contact courses, and part-time study programmes as well as learning periods alternating with work periods will have to find niches within what is considered to be traditional university education and will also have to be integrated into what, so-to-speak, could be called a quarterly sector of education.

In the future, higher education planning will have to be guided not only by demand for student places but also by greater emphasis on the expansion of research facilities in order to enable universities to be innovative and to meet new technological and economic demands made by society. It would make sense, both for research and for teaching, to develop certain areas of concentration in higher edu-

cation which would require that priorities be set for the utilization of diminishing resources.

Therefore, the changes and the reorientations of planning instruments which are already taking place will have to be intensified. Standards will have to be developed by which the performances of universities can be measured and according to which resources should then be allocated. These standards, however, would have to embody necessary allowances for self-directed organizations, especially as concerns research.

Large-scale overall planning will be more and more replaced by flexible short — and medium-term regional and sectoral planning approaches. Such approaches will increasingly have as their functions the tasks of making visible different alternatives in decision-making processes. Higher education planning will have to be integrated more firmly with financial, regional, city, and manpower planning, all of which will have to improve in their respective areas. Thus planning will have to be increasingly considered as an integrated part of decision-making processes in government administrations, on one hand, and in university institutions, on the other hand. It can no longer be seen as an isolated instrument. Furthermore, new forms of dialcgue between government and university will have to be developed.

Research on higher education, the basis of higher education planning, will have to devote itself, more than before, to neglected tasks, for example, to the organizational structures of universities (and to decision-making processes within these structures and in conjunction with government administrations) and to questions arising from the implementation of plans, including the reactions and counter-strategies of those affected by planning processes.

(27) 02-7

Proyecto patrocinado por la UNIVERSIDAD DE LAS NACIONES UNIDAS (UNU) y el CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO (CIID).

BASES PARA LA ELABORACION DE INDICADORES DE MEDICION DE LA CAPACIDAD TECNOLOGICA.

Ignacio Avalos
Horacio Vianna

TEXTOS PARA DISCUSION
CENDES/UCV /02
Marzo, 1985

Los puntos de vista expresados en este documento no representan necesariamente la opinión de las instituciones patrocinantes.

La manera y la intenaidad con que se dan las relaciones entre la actividad científica y la actividad tecnológica no terminan de quedar del todo claras en la literatura disponible acerca del tema. En general, los trabajos realizados hasta la fecha tienden meyoritariamente a simplificar y mecanizar esas relaciones por vía del llamado "modelo lineal de la innovación", según el cual el hecho tecnológico es, sólo y siempre, consecuencia del hecho científico. La innovación, según ésto, viene a ser el resultado de un proceso secuencial que se inicia en el conocimiento producido por la investigación básica y termina en los estudios de mercado que permiten, después de haberse quemado diversas etapas (investigación aplicada, desarrollo experimental, ingeniería, etc.), la utilización económica de ese conocimiento.

Esta concepción ha servido para fundamentar ciertas estrategias de desarrollo en las que, como es lógico suponer, se enfatiza la importancia de las políticas científicas frente a las tecnologías, quedando éstas diluídas dentro de aquellas. La adopción del modelo lineal ha servido, igualmente, para orientar la realización de los inventarios que han pretendido registrar el potencial científico y tecnológico en casi todos los países del mundo. Se trata, así pues, de inventarios "cientificistas" que articulan la información en torno a indicadores que miden capacidad científica, pero que sólo muy indirecta y parcialmente identifican niveles de desarrollo tecnológico.

Este sesgo en la recolección y organización de la información y en su interpretación, por supuesto, ha sido particularmente desorientador para calibrar e interpretar

la realidad tecnológica de los países latinoamericanos. Para éstos, en efecto, la versión del cambio técnico sugerida por el modelo lineal, anteriormente citado, está aún más alejada de los hechos que en las mismas naciones desarrolladas. Para el análisis de los países subdesarrollados lo primero que hay que entender es que sus economías dependen esencialmente de la adquisición de tecnologías en el exterior; en consecuencia -y ésto quedará explicado más adelante- los indicadores tecnológicos más apropiados serán, sobre todo, aquellos que mejor sirvan para medir la importación de tecnología y para entender lo que ésta pueda significar en términos de la creación y consolidación de una capacidad tecnológica endógena.

La fundamentación de lo dicho anteriormente implica, desde luego, un paso previo indispensable. Implica la necesidad de llevar a cabo un trabajo teórico y conceptual que distinga de manera convincente entre capacidad científica y capacidad tecnológica y que, a la vez, esclarezca las relaciones entre ambos tipos de capacidad. Aunque dicho trabajo no puede, lógicamente realizarse de manera exhaustiva a lo largo de estas páginas, se hace necesario establecer algunas consideraciones mínimas que permitan entender la razón de ser del enfoque que aquí se adopta para la construcción de indicadores que midan capacidad tecnológica en los países subdesarrollados. Las próximas páginas tienen, así pues, ese objetivo.

La literatura más reciente ha comenzado a discutir y revisar los fundamentos teóricos del ya mencionado modelo lineal y a discutir y a revisar, igualmenta, las políticas de corte "cientificista" a que dieron lugar. Diversos estudios comienzan, así pues, a cuestionar esa linealidad tan

simplista que el modelo propone para entender las relaciones entre Ciencia y Tecnología. El examen de algunas experiencias históricas muestra, al parecer con bastante fuerza, que tales relaciones no se dan de esa manera ni siquiera en los países desarrollados. Empieza a quedar claro, en síntesis, que los vínculos entre Ciencia y Tecnología son verdaderamente complejos y se plantea la existencia de una independencia relativa de una con respecto a la otra. Se habla, en fin, de un "subsistema científico" y de un "subsistema tecnológico".

A pesar del indudable avance logrado en años recientes con respecto a la comprensión del fenómeno innovativo, hay todavía, sin embargo, un gran desconocimiento acerca de la naturaleza de los diferentes flujos de información y de las interacciones sociales que lo hacen posible. En este sentido, todavía es poco lo que se puede decir del papel que desempeña el conocimiento científico en la generación de cambios técnicos dentro del proceso productivo. Quedan muchas cosas por saber a fin de poder determinar cual es el rol que desempeña la capacidad científica en la creación de tecnología. En efecto, ¿qué significa para un país tener capacidad científica propia?; ¿significa capacidad para hacer investigación básica?; ¿significa excelencia en un campo especializado de la ciencia?; ¿significa excelencia en todos los campos?; ¿significa tener capacidad para poder aprovechar tecnológicamente la ciencia de los demás?; ¿significa tener capacidad para generar cualquier clase de tecnologías, cualquier tipo de innovación, en cualquier sector?. Dependiendo de la respuesta que se dé a éstas y muchas preguntas similares, deberá variar la orientación que se le dé a los estudios sobre la relación ciencia-tecnología, así como la importancia y significado de los indi-

cadores de capacidad científica como reflejo de la posible capacidad tecnológica con que cuenta un país. Y, obviamente, sólo se estará en condiciones de responder tales preguntas cuando se abandone el nivel de generalidad que ha caracterizado una buena parte de los estudios realizados hasta ahora y se proceda a examinar la naturaleza de la relación ciencia y tecnología a niveles mucho más específicos que den cuenta de las varias posibilidades en que dicha relación puede producirse.

Para los países en vías de desarrollo esta temática tiene, desde luego, una gran pertinencia. Cada día se extiende más la idea de que buena parte de la actividad innovativa local -la cual se da, como se dijo anteriormente, a partir de la importación de tecnologías- se produce a espaldas de la actividad científica, idea que no deja de representar una peligrosa generalización: la capacidad científica se convierte, de esta manera, en una especie de lujo sin ninguna incidencia sobre el desarrollo del potencial tecnológico de estos países. (Pudiera entenderse este planteamiento como una reacción extrema frente al enfoque del modelo lineal).

En estas páginas se parte de la idea de que, para la construcción de indicadores que midan capacidad tecnológica hace falta: a) establecer una diferencia entre capacidad científica y capacidad tecnológica, b) establecer las relaciones que se dan entre ambas y c) reconocer que el cambio técnico tiene un orígen múltiple.

Como ya se ha dicho hay poca evidencia empírica y poco soporte teórico en relación a estos tres puntos. Sin embargo, los estudios con que se cuenta permiten señalar tenta-

tivamente que, a los efectos de este trabajo, se entenderá por capacidad científica el conjunto de conocimientos y experiencias incorporadas en personas y cuyo objetivo es obtener nuevos conocimientos, así como un conjunto de métodos para adquirir y validar ese conocimiento. De igual manera, se entenderá por capacidad tecnológica el conjunto de recursos usados para explotar el potencial del conocimiento técnico y transformarlo en (a) nuevas unidades de capacidad de producción (incorporando o no conocimiento técnico novedoso) y (b) mejoras en las unidades existentes de capacidad de producción (donde las "mejoras" constituyen la solución de un cuello de botella que impide alcanzar toda la eficiencia, o la incorporación de cambios en el sistema de producción, las cuales a su vez pueden incorporar conocimiento técnico novedoso o no). El producto de la capacidad tecnológica es un conjunto de servicios mediante los cuales la capacidad de producción es creada o cambiada. Cabe señalar que por capacidad de producción se entenderá, así pues, el conjunto de instalaciones físicas de producción (edificios, maquinarias y equipos, etc.), así como también los procedimientos de operación y las habilidades humanas y modalidades organizacionales y administrativas mínimas que se requieren para poder operar dichas instalaciones. El producto de la capacidad de producción esta constituido por bienes manufacturados. Incidentalmente, cabe advertir que la capacidad de Investigación y Desarrollo (IyD) es sólo una de las vertientes a partir de las cuales se puede medir capacidad tecnológica. La actividad de IyD no produce por sí misma cambios técnicos, sino conocimientos nuevos que requieren de la realización de otras actividades, más allá de la de IyD, para que se puedan usar.

Esta última distinción entre capacidad de producción y capacidad tecnológica (Bell y Hoffman, 1981), es muy importante ya que enfatiza la existencia de dos tipos diferentes de conjuntos de capacidad o destrezas incorporadas en los recursos humanos de una empresa o de una economía. Por un lado tenemos aquellas capacidades que simplemente hacen posible la operación y mantenimiento de un sistema de producción, y por otro lado, tenemos aquellas capacidades que permiten cambiar, mejorar y crear sistemas de producción.

La distinción entre estos dos conjuntos de capacidades es muy similar a aquella hecha por Freeman (1974) y otros economistas entre técnica y tecnología. La tecnología es definida como "un cuerpo de conocimientos acerca de técnicas" siendo las técnicas "la incorporación tangible de ese conocimiento en un sistema operacional usando equipos físicos de producción". ¿Por qué es tan importante distinguir entre 'técnicas' y 'tecnologías' o entre capacidades para operar técnicas y capacidades para cambiar y crear técnicas?. Esta pregunta conduce a un argumento central en relación al entendimiento de las fuentes de crecimiento económico y la importancia de la creación y uso de conocimiento técnico como el "motor" del progreso económico. No hay duda hoy en día de que éste es un factor determinante para explicar el dinamismo de las empresas y la fortaleza competitiva de las economías de los países en el comercio internacional.

Naturalmente, estas definiciones son aún incompletas e imprecisas. Habrá pues que afinarlas desde el punto de vista teórico y operativizarlas desde el punto de vista metodológico. A pesar de ésto se las puede considerar, sin embargo, como buenas herramientas para empezar a decir y

a justificar las ideas que permitan recoger informaciones diferentes que hagan posible la construcción de indicadores tecnológicos más apropiados.

En efecto, para países como los latinoamericanos, en los que la capacidad de producción se origina en el exterior a través de lo que la literatura ha venido denominando, casi indistintamente, importación o transferencia de tecnología, las distinciones antes indicadas son de gran importancia, tanto que a partir de ellas se arma la que, tal vez sin mucho rigor, habría que considerar como la hipótesis que guía la elaboración de este documento. Aquí se postula, en efecto, que la capacidad de producción no supone la tecnológica ni la científica.

Hay plena conciencia, desde luego, sobre la excesiva simplificación que encierra la hipótesis planteada, pero al mismo tiempo hay la convicción de que resulta evidentemente útil para expresar dos ideas fundamentales dentro de este trabajo. Primera: el aumento de la actividad científica, por vía de la elevación del presupuesto gubernamental, pongamos por caso, no comporta automáticamente, ni en el corto ni en el mediano ni en el largo plazo, un aumento de la capacidad tecnológica. Segunda: en relación a economías importadoras de tecnologías, es evidente que cuando un país importa tecnología industrial asociada a un proyecto de inversión, usando la palabra "tecnología" en su sentido popular, la capacidad de producción aumenta; sin embargo, esto no significa que el país haya logrado algún incremento significativo en su capacidad tecnológica. Por lo tanto, el problema central para una empresa importadora de tecnología deberá ser adquirir no sólo los elementos tangibles de una capacidad de producción, sino también los intangibles de

la capacidad tecnológica (los recursos de conocimientos y destrezas) que le permitirán a la empresa adaptar, asimilar y mejorar la tecnología importada. En este sentido resulta evidente el interés que tiene para este informe el análisis del proceso de transferencia (importación) de tecnología. Siendo éste muchas veces el único medio que tienen los países subdesarrollados para adquirir y desarrollar capacidad tecnológica propia, resulta imprescindible contar con indicadores que sirvan para conocer en qué grado dicho proceso sirvió para aumentar la capacidad tecnológica y no sólo la capacidad de producción. Esto conlleva la necesidad de identificar los diferentes factores que permiten se lleve a cabo un proceso de acumulación de habilidades y destrezas tecnológicas (aprendizaje), vinculado al proceso de importación de la tecnología.

I I. REVISION BIBLIOGRAFICA

La revisión de la literatura disponible ha permitido establecer una distinción entre dos tipos de estudios: uno orientado a medir capacidad tecnológica de una manera "cientificista", y otro dirigido a identificar la capacidad tecnológica reconociéndo a ésta como algo distinto de la capacidad científica. Este segundo grupo se ha centrado primordialmente en el examen de la naturaleza del cambio técnico a nivel micro. Es obvio que la separación entre una y otra literatura no es absoluta -hay autores y planteamientos que resultan difícilmente encasillables- y es obvio, también, que aunque de cada una se sacan ideas distintas para la construcción de indicadores, dichas ideas no son siempre excluyentes, según se verá claramente hacia el final del trabajo.

1. REVISION DE LA LITERATURA "CIENTIFICISTA"

Esta es la literatura más abundante y más conocida. Por esta razón será objeto de una revisión rápida aun cuando volverá a ser analizada con mucho mayor profundidad en la segunda etapa de este proyecto dada su enorme importancia en términos del desarrollo de las nuevas tecnologías.

Dentro de esta literatura -toda ella basada de una u otra forma en el modelo lineal de la innovación e inspirada priomordialmente por la realidad de los países desarrollados-, es posible distinguir varios tipos de enfoques.

Hay un primer enfoque, el prevaleciente sin lugar a dudas, dentro del cual se ubican los estudios que se centran en la identificación de los inputa de la actividad científica. Se trata, pues, de determinar con cuántos investigadores cuenta un país, a cuánto ascienden los recur-

sos financieros destinados a la investigación, cuántas organizaciones científicas existen, etc., a fin de poder medir la capacidad científica nacional. Desde este enfoque se han llevado a cabo prácticamente todos los inventarios del potencial científico y tecnológico en América Latina, los cuales apenas si hacen mención a uno que otro aspecto útil y significativo para medir capacidad tecnológica. Estos inventarios han servido más que nada para hacer comparaciones internacionales que parten del supuesto de que los datos correspondientes a los países desarrollados deben ser vistos como el desideratum para los países subdesarrollados. Muestra de ello son las célebres recomendaciones de la UNESCO en cuanto a la proporción de investigadores que debe haber con relación al número de habitantes de un país, o a la proporción de recursos financieros que debe invertirse con relación al Producto Territorial Bruto.

Hay un segundo enfoque, al cual pertenecen los estudios ocupados en identificar algunos outputs de la actividad científica. Se trata de estudios mucho más recientes, menos numerosos y desde luego menos conocidos que los anteriores, los cuales pretenden, más que determinar directamente la capacidad científica de un país, medir la eficiencia del gasto invertido en la actividad de investigación. En estos trabajos se emplean primordialmente dos indicadores. Por un lado las publicaciones científicas y por el otro las patentes, representando estas últimas un intento de apreciar y valorar el gasto en investigación por su posible impacto tecnológico. Siendo que la patente no refleja, ni siquiera de manera aproximada, el tipo de actividad tecnológica que se realiza en los países subdesarrollados, actividad que aunque importante no suele ser susceptible de patentamiento, de nuevo hay que indicar que esta clase de

estudios no resulta el más adecuado para medir capacidad tecnológica en América Latina. Aparte de lo ya señalado cabría añadir las enormes dificultades metodológicas que confrontan estos análisis, las cuales disminuyen aún más su poder explicativo.

Hay, finalmente, un tercer enfoque, dentro del cual se pueden situar aquellos estudios cuyo propósito es medir el impacto de la actividad científica y, en menor grado, de la actividad tecnológica sobre el desarrollo económico. En este caso es posible diferenciar también dos tipos de trabajo: uno que busca la relación entre los inputs de la actividad científica y tecnológica con el crecimiento económico y otro que busca el vínculo entre los outputs de la actividad científica y tecnológica y el crecimiento económico. En tanto que este enfoque se fundamenta, al menos parcialmente, en los dos anteriores, le corresponden también los comentarios expresados respecto a ellos.

En suma, esta bibliografía "cientificista" se ocupa solo parcial e indirectamente de la medición de capacidad tecnológica. En general, poco se ha apartado de la idea de que la actividad de Investigación y Desarrollo (IyD) es el mejor y casi único indicador de esa capacidad. En este sentido pareciera que no se ha avanzado mucho desde la publicación del famoso Manual Frascati, hace más de veinte años. Dicho Manual ha guiado la recolección de la información científica y tecnológica en América Latina, poniendo el énfasis en los datos relativos a la actividad de IyD y relegando a un segundo plano los datos referidos a las llamadas "actividades conexas", las cuales, aunque precariamente conceptualizadas, pudieran recoger más cabalmente la actividad tecnológica que se lleva a cabo en los países subdesarrollados.

1. REVISION DE LA LITERATURA SOBRE EL CAMBIO TECNICO

En esta sección se pretende hacer la revisión de estudios muy variados, hechos desde ópticas teóricas distintas, pero cuyo común denominador radica en que todos se ocupan de analizar el tema tecnológico (no el científico) y la mayoría de ellos trata de hacerlo a nivel de la empresa. Dado que, como se apuntó anteriormente, se considera que estos estudios son los más relevantes en cuanto a su utilidad para la elaboración de indicadores tecnológicos, su revisión será mucho más permenorizada que la revisión de la literatura "cientifisista". Se ha tratado, así pues, de examinar los planteamientos principales de los autores más importantes, clasificados en dos grandes grupos: los que se refieren a los países desarrollados y los que se refieren a los países subdesarrollados.

2.A. Literatura relacionada con los países desarrollados

Por regla general, los economistas le asignaban poca importancia a la creación y uso del conocimiento técnico dentro del proceso de crecimiento económico. Sin embargo, durante los últimos veinte años, diferentes estudios han empezado a reconocer el rol que juega la innovación tecnológica dentro de la actividad económica. Freeman (1974) señala enfaticamente que las "inversiones intangibles" realizadas en la producción de nuevo conocimiento y su difusión constituyen el factor crítico en el proceso de crecimiento, más importante aún que las "inversiones tangibles" realizadas en "ladrillos y máquinas".

Esta visión acerca de la importancia de la capacidad tecnológica de una economía ha sido el resultado de un más o menos lento proceso de desarrollo teórico dentro de la economía. El origen de esta nueva óptica para el análisis de la tecnología y de la innovación tecnológica se encuentra en economistas de países desarrollados, preocupados por entender el fenómeno del crecimiento económico en sus propios países. No obstante, los resultados a que han llegado tienen una cierta validez general, razón por la cual vale la pena revisar sus principales plantsamientos y conectarlos, luego, con el tema de los indicadores en función de las particularidades del desarrollo tecnológico en los países subdesarrollados.

Las contribuciones teóricas y empíricas de la ciencia económica orientadas a establecer la importancia de la capacidad tecnológica dentro del proceso económico han veñido desde diferentes escuelas. En este sentido cabe destacar la existencia de tres grandes vertientes. En primer lugar el enfoque neo-clásico, con trabajos tales como los de Solow (1957), Salter (1960), Arrow (1962) y Atkinson y Stiglitz (1969). En segundo término el enfoque historicista-evolucionista, llaméoslo así, con trabajos tales como los de Enos (1962), Hollander (1965), Rosenberg (1976) y Nelson y Winter (1977, 1982). .Y, por último, un enfoque que podría ser identificado como neo-shumpeteriano, con trabajos como los de Freeman (1974), Pavitt y Soete (1980), Dosi (1982) y Freeman, Clark y Soete (1982). Existen, por supuesto, diferencias importantes entre estos trabajos: diferencias en cuanto a objetivos, en cuanto a la metodología y en cuanto al énfasis que se le da a los diversos factores que intervienen en la creación de técnicas nuevas, así como en el mejoramiento de las existentes. Sin embargo, más allá

de sus diferencias lo importante es que todos ellos demuestran convincentemente que es en la capacidad tecnológica donde reside buena parte de la explicación del crecimiento económico, de la fortaleza competitiva, tanto de las empresas como de los países. Por este motivo, vale la pena hacer, en las próximas páginas, algunos comentarios adicionales en torno a estos estudios.

Dentro de la tradición neoclásica la producción de nuevo conocimiento técnico no tenía cabida dentro de la teoría. Hacia finales de los años cincuenta tienen lugar algunos cambios importantes en la conceptualización del cambio técnico y en el tratamiento de las relaciones entre éste y el crecimiento económico. En el marco de las funciones de producción, Solow (1957) demostró, usando una función agregada de producción, que sólo una pequeña fracción del crecimiento de la economía norteamericana ocurrido entre los años 1909 y 1949 (y medido en términos del producto por trabajador), podía ser explicado por movimientos a lo largo de una función de producción (aumentos en el uso del capital y de otros recursos por trabajador). El mayor peso de la explicación residía, según Solow, en los saltos que tenían lugar en la funciones de producción.

Salter (1966), por su parte enfatizó la necesidad de distinguir entre sustitución de factores y cambios tecnológicos. Indicaba que los movimientos a lo largo de una función de producción eran considerados como sustitución de factores que, en cualquier momento en el tiempo, existen diferentes maneras de producir un cierto producto y que una cantidad dada de producto podría ser obtenida por una cantidad dada de insumos. Un movimiento a lo largo de una función de producción con su correspondiente sustitución de factores no era considerado cambio tecnológico, esto

es, era sólo considerado un cambio en la técnica, té
que podría ser obtenida en el "cajón de técnicas" disponi
bles para una función de producción dada. Esta técnica (
punto de la función de producción) podría ser alcanzado s
la necesidad de producir nuevo conocimiento.

Más tarde, en 1962, Arrow hizo una importantísima con
tribución dentro de la tradición neoclásica sugiriendo qu
el cambio técnico era un "proceso endógeno", el cual se pr
ducía a partir de la experiencia en las actividades de p
ducción. Hasta ese momento la generación de conocimiento
utilizables en la producción no era asunto del economista,
los conocimientos se creaban en los laboratorios, al marg
de las influencias económicas, y después eran utilizad
por el aparato productivo. Era entonces cuando le tocaba
el economista para indagar por qué razones se adoptaban
esos conocimientos y con qué consecuencias. Las ideas de
Arrow permiten empezar a pensar en el sistema producti
como generador de conocimientos y en la empresa como facto
fundamental del desarrollo tecnológico.

Dentro de la tradición neo-clásica se mantuvo la idea
de que el cambio tecnológico mejoraría la productividad la
boral para todas las técnicas posibles hasta que Akkin
y Stiglitz (1969) introdujeron la hipótesis de que la produc-
ción de conocimento técnico tenía un fuerte carácter 'l
lizado'. Un gran número de mejoras introducidas a una plan
ta particular, argumentaron, se concretan en pequeños c
bios incrementales, los cuales están referidos a una partic
cular combinación de máquinas, métodos y recursos humano
ubicados en una determinada planta. De esta manera p
decirse, a manera de síntesis que en su evolución la tradi
ción neoclásica terminó señalando la importancia del

técnico en el proceso de crecimiento económico, reconoci su naturaleza endógena y enfatizó su carácter localizado.

El siguiente grupo de trabajo señalado, puede ser visto, como se dijo, como contribuciones que se aleja de la corriente neoclásica. Estos trabajos parten de la idea de que el proceso de producción de conocimiento técnico es endógeno al sistema económico. Dentro de la tradición historicista-evolucionista Rosenberg (1975) hizo una contribución especialmente importante, tanto al entendimiento de la naturaleza del proceso de creación de conocimiento técnico, como al entendimiento de la contribución de dicho proceso al crecimiento económico. En este sentido cabe señalar su crítica a la teoría de las funciones de producción--la cual, según él, no da para entender lo que es el fenómeno tecnológico "cotidiano"-, así como su reconocimiento a la importancia de las innovaciones menores en el incremento de la productividad. También cabe destacar, dentro de sus aportes, la importancia del proceso de difusión: en la trayectoria seguida por la difusión de una innovación es difícil encontrar, dice Rosenberg, casos en los cuales no se hayan generado nuevos conocimientos por parte de la empresa receptora de la innovación. Vale la pena igualmente señalar el papel que le atribuye al conocimiento técnico en relación con el conocimiento científico y, en parcial conexión con éste, el papel de los mecanismos de inducción económica en la generación de cambios técnico y la relación de dichos mecanismos con los por él denominados "imperativos tecnológicos": las empresas enfrentan aquellos problemas tecnológicos que, en un momento determinado, consideran como los impedimentos más restrictivos en sus actividades de producción (cuello de botella procesos productivos, puntos débiles obvios en productos, actividades de mejora que vale la pena llevar a cabo bajo un amplio rango de condiciones de costo y demanda).

En relación con el concepto de "imperativos tecnológicos" de Rosenberg cabe traer a colación el concepto de "trayectorias naturales", de Nelson y Winter, el cual hace referencia a la utilización acumulativa de nuevas ideas. Estos autores también hacen hincapié en el proceso de difusión como un proceso que implica creación de conocimientos (en toda transferencia de tecnología hay un "elemento tácito" que obliga a que la empresa receptora de tecnología se desempeñe "activamente" en la adopción de esa tecnología. Dentro de este contexto Nelson y Winter enfacizan la importancia de los aspectos ingenieriles en los modelos dirigidos a estudiar el proceso de creación y de cambio de las técnicas de producción y la necesidad de que la empresa asigne recursos para la búsqueda e implementación de cambios dentro de un proceso contínuo de evolución.

Cabe recoger, finalmente, un tercer tipo de estudios que aquí quedarán identificados, por comodidad y tal vez sin mucha precisión, como "neo-shumpeterianos". De ellos salen dos consideraciones de especial interés. Una, que reitera la importancia de las grandes innovaciones -rupturas drásticas con respecto a las tecnologías disponibles en un momento dado- en la conformación y evolución de los grandes ciclos (ciclos de Kondratiev) del desarrollo económico (Freeman, Clark y Soete 1982, Pérez 1984). Dos, se reitera, así mismo, la importancia de la asignación de recursos dentro de las empresas en la búsqueda de productos y/o procesos novedosos que representan discontinuidades respecto de los productos y/o procesos existentes (Soete y Pavitt, 1981).

Estos estudios recogen de alguna manera los resultados de varios trabajos realizados alrededor de diez años antes y cuyo objetivo era registrar el papel de la ciencia en la actividad innovativa mayor (Traces 1969, Hindsight 1969, Price y Bass 1969, Gibbons y Johnston 1974, Langrish 1972, Jevons, Byatt y Cohen 1969). Toda esta bibliografía deberá ser analizada cuidadosamente en un próximo documento que localice el problema de la elaboración de indicadores de capacidad tecnológica en Latinoamerica con referencia a las oportunidades y problemas que derivan de la aparición de las nuevas tecnologías, esto es, relacionadas con microelectrónica, biotecnología, ciencia de los nuevos materiales y fuentes alternas de energía.

2B. Literatura sobre países subdesarrollados

Dentro de los estudios examinados anteriormente se prestó muy poca atención a la difusión de tecnologías desde los países desarrollados hacia los países subdesarrollados. Tales estudios intentaron examinar la situación de países que cuentan con un stock de recursos científicos y tecnológicos a partir del cual crear conocimientos técnicos que, a su vez, se concretan en la concepción y operación de determinados sistemas productivos.

Como es fácil suponer, la situación de las naciones subdesarrolladas es bastante distinta. En este caso, el proceso de industrialización ha tenido lugar, desde sus comienzos, a partir de la importancia de tecnologías originadas en los países desarrollados. Por esta vía los países subdesarrollados fueron adquiriendo capacidad de producción, sin que aparentemente adquieran capacidad tecnológica. Es decir, fueron adquiriendo activos físicos (maquinarias, equipos), pero no activos intangibles (conocimiento, información).

La teoría económica generada para interpretar el subdesarrollo prestó, en general, muy poca atención al tema tecnológico. Sólo recientemente comenzaron a aparecer algunos estudios a este respecto. Los primeros trabajos datan fundamentalmente de los años setenta y tuvieron en la llamada "teoría de la dependencia" su principal asidero teórico e ideológico. Dichos trabajos determinaron, más por vía de las consideraciones teóricas que de las verificaciones empíricas, que los países latinoamericanos eran importadores pasivos de tecnologías y que el nivel de importación en el que incurrían era la medida más clara y directa de

sus incapacidad e inactividad tecnológica. De estos estudios también se desprendía la idea de que las transacciones entre las empresas proveedoras de tecnología y las empresas receptoras de los países subdesarrollados se realizaban en términos absolutamente injustos para estos últimos y que ello se debía a las injustas estructuras del orden económico internacional. En suma, la dependencia tecnológica no era sino una expresión particular de las relaciones globales de explotación que inevitablemente se establecían entre los centros avanzados y la periferia atrasada.

En gran medida dentro de esta óptica de análisis y de interpretación de las cosas va surgiendo la literatura sobre la "transferencia de tecnología" (Stewart 1973, Vaitsos 1974, UNCTAD 1975, Jecquier 1976). Dicha literatura se centró principalmente en el examen de las consecuencias negativas que se originaban en los países subdesarrollados al adquirir tecnologías originadas en los países desarrollados. En particular se subrayaban los siguientes hechos:

- los elevados pagos en que incurría el país y la empresa adquirentes como resultado de las imperfecciones del mercado intenacional de tecnologías, imperfecciones que se traucian en la fijación de "precios monopólicos" por parte de los proveedores.

- la adquisición de tecnología "inadecuada" con relación a la disponibilidad de factores productivos característico de la economía del país receptor. Se enfatizaba sobremanera la subutilización de materias primas locales y el uso intensivo que las tecnologías extranjeras hacían del capital en países pobres con altas tasas de desempleo y sub-empleo.

- La adquisición de tecnología "inadecuada" con respecto al tamaño y las necesidades del mercado en los países subdesarrollados. Aquí se destacaba la distorsión de los patrones de consumo y el problema de las economías de escala.

- La pérdida de control sobre el uso y difusión de la tecnología adquirida por parte del comprador como resultado de la celebración de arreglos contractuales verdaderamente leonicas (las célebres "cláusulas restrictivas" representaban una clara evidencia a este respecto).

Consecuentes con el planteamiento dependentista, que es de donde principalmente se nutren, la mayoría de estos estudios tendieron a subrayar, tal vez simplificando y exagerando un poco las cosas, la idea de que las causas de todos los aspectos negativos de la transferencia de tecnología se ubicaban fuera de las economías importadora. En síntesis, en la conducta de los proveedores y la naturaleza del orden económico internacional, y no tanto en las empresas receptoras y su contexto económico, era donde había que buscar la explicación de los problemas anteriormente mencionados. Obviamente las políticas que de aquí se derivaron estaban orientadas, sobre todo, a presionar el proveedor a fin de evitar, en la medida de lo posible, su comportamiento "abusivo". (Ejemplo de ésto lo constituyen la Decisión 24 del Pacto Andino y, dentro de un tono marcadamente moralista, el Código de Conducta para las Empresas Multinacionales). Pocos trabajos sugirieron la posibilidad de una conducta más "activa" por parte de las empresas receptoras, y los mismos se ocuparon, en especial, del desarrollo de metodologías para mejorar su capacidad de compra mediante

la desagregación de paquetes tecnológicos (Cooper y Maxwell 1973, JUNAC 1976).

En la médula de los estudios comentados hasta aquí estaba de una u otra manera planteada la idea de que la importación de tecnología reemplazaba a la capacidad innovadora local, que la adquisición de tecnologías foráneas tendía a reducir la necesidad de invertir recursos en la generación de innovaciones propias. El desiderátum de la "autonomía tecnológica" requería, por tanto, de restricciones al flujo de tecnología importada.

Investigaciones muchísimos más recientes rompen con este enfoque. A través de ellas se comienza a hacer evidente que la transferencia internacional de tecnología puede contribuir a aumentar el stock de capacidad tecnológica de la empresa receptora.

Katz (1976) fué uno de los primeros en explorar en detalle la relación potencial de complementaridad entre la fase de adquisición de una tecnología extranjera y la fase de post-inversión en la cual puede haber una asimilación efectiva de la tecnología importada inicialmente. Tratando de reproducir el trabajo del ya citado Hollander, Katz analizó diversas empresas manufactureras argentinas y encontró que, contrario a lo que un teórico de la "dependencia hubiera esperado, eran empresas de un cierto dinamismo tecnológico, donde el flujo de la actividad innovativa se concretaba en un proceso de adaptación tecnológica de los diseños importados (Katz y Cibotti 1976).

De su constatación Katz sacó una conclusión de enorme importancia: entre los procesos de generación local de te-

nología y de importación de tecnología las relaciones no son de exclusión, sino de complementaridad. Y la justificó argumentando que, desde el punto de vista ingenieril, no puede hablarse de dar plantas iguales y que, en consecuencia, la empresa receptora tiene necesariamente que llevar a cabo actividades de adaptación como respuesta a los cuellos de botella que siempre se generan, y que tales actividades de adaptación demandan la producción de un nuevo conocimiento que sólo pueden satisfacer aquellas empresas que cuentan con una determinada capacidad tecnológica. En síntesis, los trabajos de Katz establecieron que la importación de tecnología extranjera nunca se dá en forma pura y simple, automática, sino que siempre implica esfu adaptativos de diverso tipo y de diversa intensidad, realizad s por la empresa receptora.

Siguiendo el trabajo inicial de Katz, se han realizado otros estudios, los cuales han examinado aspectos del proceso de cambio técnico en empresas manufactureras de países subdesarrollados. Muchos de estos estudios fueron llevados a cabo dentro del programa BID/CEPAL de Ciencia y Tecnología (Maxwell 1976, Katz y Ablin 1979, Dahlman y Fonseca 1978, Sercovich 1977, 1978) y otros fuera de dicho Programa (Bell y otros 1980, Lall 1979, Dahlman y Westphol 1982, Bell 1982a, 1982b, 1982c, Sercovich 1980, Viana 1984)

Estos estudios han elaborado y sustanciado una serie de puntos sobre el proceso de cambio técnico en empresas manufactureras de países subdesarrollados. Estos puntos podrían resumirse de la siguiente manera:

a) El cambio técnico es endógeno a la empresa y localizado en relación a su propio sistema técnico esto

es a una particular combinación de máquinas, equipos y recursos humanos.

b) El uso efectivo de innovaciones adoptadas por la empresa y sus mejoras en el tiempo requieren la creación de nuevo conocimiento a nivel de la empresa.

c) El crecimiento de la productividad y la competitividad en base a la calidad del producto depende fuertemente de un proceso continuo de cambio técnico dentro del cual la interacción continua de cambios técnicos menores juega un papel importante.

d) Este proceso continuo de cambio no sólo aumenta la eficiencia con la cual se utilizan los tipos existentes de insumos, sino también reorientan su uso hacia direcciones más adecuadas al contexto de la economía mediante nuevas consideraciones y la exploración de nuevas opciones. Además, y parcialmente como consecuencia de ellos, se modifican las ventajas comparativas tecnológicas, permitiéndole a países subdesarrollados la exportación de tecnología en mercados internacionales.

e) Es de poca ayuda definir innovación en términos de su novedad tecnológica general. El punto importante se refiere a la novedad en relación a la empresa involucrada. En este sentido una innovación incluirá cualquier cambio no trivial en productos o procesos que no estén dentro de la experiencia previa de la empresa en cuestión.

I I I. ASPECTOS RELEVANTES PARA EL DISEÑO DE INDICADORES MACRO DE CAPACIDAD TECNOLOGICA

f) Incluso las innovaciones "menores" implican un esfuerzo tecnológico significativo, y todas las innovaciones requerirán de un esfuerzo sustancial de ingeniería y de las capacidades necesarias para la realización de ese esfuerzo.

g) Las estrategias y las decisiones relativas a la asignación de recurso de las empresas tienen una gran importancia con respecto a la inversión en capacidad tecnológica. Esto implica que el contexto económico dentro del que las empresas se mueven es crucial en la medida en que influencia tales estrategias y tales decisiones.

Además de estos hallazgos, la investigación llevada a cabo en los años ha sugerido tres puntos adicionales (Viana 1984).

h) La magnitud y naturaleza de la capacidad tecnológica adquirida a través de la transferencia durante la fase de inversión de proyectos es variable y así mismo es variable su influencia en la tasa y dirección del cambio técnico.

i) La magnitud y naturaleza de la capacidad tecnológica adquirida en los proyectos de transferencia aumentará la habilidad futura para evaluar y seleccionar tecnologías y proveedores y por lo tanto aumentará el control efectivo sobre la dimensión tecnológica de los futuros proyectos de inversión.

j) Las estrategias y decisiones relativas a la inversión en capacidad tecnológica durante la implementación de proyectos de inversión en instalaciones productivas, son particularmente importantes.

Esencialmente estos tres últimos puntos se refieren a la complementaridad actual y potencial entre la importación de tecnología y el desarrollo tecnológico doméstico. Cabe señalar que en este sentido resulta clave entender todos los determinantes del proceso de aprendizaje tecnológico tanto en la fase de adquisición como en la fase generacional o de uso de la tecnología importada, proceso mediante el cual la empresa adquiere y desarrolla capacidad tecnológica. A pesar de que muchos de los estudios mencionados nos ayudan a aclarar la naturaleza y los determinantes de ese proceso de aprendizaje queda todavía un largo camino por reconocer en este sentido. En la segunda etapa de la presente investigación habría que hacer un análisis detallado de todos los estudios que arrojen luces sobre ambos momentos, es decir, adquisición y uso con el fin de diseñar los indicadores respectivos de capacidad tecnológica.

Desarrollar "capacidad tecnológica" significa situar a una industria o a una empresa a niveles competitivos con relación al mercado internacional, tanto en lo que se refiere a los estándares de costo como a las especificaciones de producto. En términos de los planteamientos de la literatura referida a la industrialización de los países subdesarrollados, éstos tendrán "capacidad tecnológica" en la medida en que alcancen la madurez necesaria para usar efectivamente la tecnología de que disponen, la cual es basicamente adquirida en el exterior. Los estudios realizados hasta ahora permiten señalar, así pues, que esta madurez está en función de la capacidad para absorber y mejorar esa tecnología, lo cual supone la implementación de cambios tecnológicos endógenos. En otras palabras puede decirse, entonces, que una empresa o una industria tendrá "capacidad tecnológica" si logren mantener un nivel internacional de competividad, el cual se consigue, en buena parte, a través de la implentación de un proceso continuo de cambios tecnológicos.

Dentro del contexto de lo arriba expresado están concebidas los aspectos que deben tenerse en consideración para el diseño de indicadores.

ASPECTOS RELEVANTES PARA EL DISEÑO DE INDICADORES MACRO DE CAPACIDAD TECNOLOGICA

Estos indicadores se elaboran a partir de egresados estadísticos y revelan básicamente "situaciones de contexto". a los efectos de este informe han quedado ubicados en tres grupos:

- indicadores que miden el potencial tecnológico nacional.

- indicadores que miden la importación de tecnología de un país

- indicadores que determinan la capacidad institucional que cuenta un país para gestionar su desarrollo tecnológico.

INDICADORES QUE MIDEN EL POTENCIAL TECNOLOGICO NACIONAL

Estos indicadores han sido dividido en dos grupos:

A) Indicadores que miden la oferta tecnológica nacional.

B) Indicadores que miden los resultados obtenidos por la oferta tecnológica nacional.

Como se podrá ver más adelante, en la elaboración e interpretación de ambos tipos de indicadores se aprecia fácilmente la influencia de la literatura "cientificista" que anteriormente se revisó.

A) Indicadores que miden la oferta tecnológica nacional

Estos son los indicadores más usados en América Latina y su propósito es medir la capacidad que tiene un país para generar tecnologías. Dichos indicadoras tienen tres características básicas: a) a veces no permiten distinguir muy claramente capacidad científica de capacidad tecnológica; b) tienen significado en la medida en que logran compararse con ciertos patrones normativos extraídos de la experiencia de los países desarrollados y c) tienen un nivel muy grande de agregación.

Los aspectos principales a partir de los cuales se pueden construir estos indicadores son los siguientes:

1. Recursos Humanos

Este aspecto se refiere a los recursos humanos con que cuenta un país para poder manejar el problema tecnológico, es decir, para poder evaluar, seleccionar, negociar, adaptar, mejorar y generar tecnologías. Se trata, así pues, de recursos humanos variados en cuanto a las capacidades y destrezas que deben tener, razón por la cual resulta difícil su identificación y clasificación. En términos generales puede decirse, sin embargo, que los indicadores de recursos humanos deben construirse en torno a:

1a. Número de científicos existentes en el país.

Aquí trataría de recabarse la información que convencionalmente se ha venido recabando en los inventarios nacionales realizados en América Latina: área de especialidad del investigador, nivel de formación, años de experiencia, número de publicaciones, etc. En este año caso habría que insistir en el tipo de investigación, que se realiza a fin de precisar cuán directamente vinculada está la actividad que realiza el investigador con el desarrollo tecnológico.

1b. Número de ingenieros existentes en el país

Aquí también se trataría primordialmente de levantar la información de acuerdo a los patrones comunmente adoptados. El énfasis tendría que ser puesto en el tipo de actividad que realiza el ingeniero (ingeniería básica, de procesos, de producción, de mantenimiento, etc.)

1c. Número de "gerentes tecnológicos" existentes en el país.

Este es un tipo de recursos que no suele figurar en los inventarios latinoamericanos. Se refiere al personal que es capaz de intervenir, de una u otra forma, en la gestión del desarrollo tecnológico, es decir, en aspectos tales como la formulación e implementación de políticas tecnológicas, la concepción e implementación de arreglos organizacionales para poder llevar a cabo el cambio técnico en la empresa, la evaluación y selección de tecnologías, la negociación de tecnologías, la administración de institutos de investigación, etc.

2. Recursos Financieros

Este aspecto hace referencia a los gastos que lleva a cabo un país para promover el desarrollo tecnológico. También en este caso puede resultar difícil separar la actividad científica de la tecnología sobre todo en lo que se refiere a gastos de investigación; sin embargo, con relación a ciertos aspectos, esa separación tiene que tratarse de establecer con claridad. En partircular, resulta impertante establecer aparte de otro tipo de gastos -es decir, los que usualmente se han venido recogiendo en los inventarios latinoamericanos: gastos para la formación de recursos humanos, para la subvención de proyectos de investigación etc.-, aquellos en que incurre el sector productivo. Esto significa ampliar considerablemente la cobertura de las actividades contempladas a los efectos de la determinación del gasto realizado por un país e incluir, por lo tanto, no solo las actividades de investigación tecnológica, sino otras tales como mantenimiento y reparación de equipos,

control de calidad, servicios de información, asistencia técnica, etc.; las cuales son normalmente desdeñadas a estos efectos.

3. Centros de Investigación Científica

Con relación a este espacio la información debería recabarse de la manera como tradicionalmente se lo ha venido haciendo, pero tomando en consideración que de lo que se trata es de medir capacidad tecnológica. Además de los datos que usualmente se recaban (número de centros, años de experiencia, personal empleado-número, disciplina y nivel de preparación-, recursos financieros, campo de aplicación, área de especialidad, etc.) debe ponerse particular interés en establecer el tipo y la intensidad de las relaciones que establecen estos Centros con el sector productivo (Ejemplos: contratos de investigación y/o asesoría suscritos).

4. Centros de Investigación Tecnológica

Aquí se hace referencia a aquellos Centros, que a diferencia de los anteriores, tienen como propósito explícito asistir al sector productivo desde el punto de vista tecnológico. Respecto a los Centros de Investigación Tecnológica interesaría recabar datos como los siguientes: número, año de experiencia, recursos financieros -monto y origen-, recursos humanos- número, disciplina y nivel de preparación -campo de aplicación y tipo de actividad realizado- investigación, control de calidad, asesoría en evaluación o negociación de tecnología, etc.

5. Firmas Consultoras

Aquí se hace referencia a las unidades dirigidas a organizar y seleccionar el conocimiento tecnológico disponible con la finalidad de instrumentar un determinado proyecto productivo. También en este caso hay experiencia en la recolección de información en Latinoamerica. Habría pues, que recabar los datos que usualmente se han recabado: número de firmas, años de experiencia, recursos humanos -número, especialidad y nivel-, recursos financieros -monto y origen- estructura de propiedad, sector en el que trabajan etc.

6. Firmas de Ingeniería (*)

Aquí se hace referencia a las unidades cuyo propósito es utilizar el conocimiento disponible a fin de construir, montar y operar determinadas unidades de producción. La información puede recogerse más o menos de la misma manera como se lo ha hecho en distintos países latinoamericanos: número de firmas, años de experiencia, recursos humanos, recursos financieros, estructura de propiedad, sector en el que trabajan y tipo de actividad que realizan.

7. Fabricantes de Maquinarias y Equipos

Este es un aspecto fundamental que no suele tomarse en cuenta en los inventarios de capacidad tecnológica. Los indicadores deben elaborarse a partir de la información que normalmente se incluye en las encuestas industriales: número, tamaño, volumen de inversión, rama fabril,

---

(*) En muchos casos una misma firma hace el trabajo de consultoría y de ingeniería.

etc. En este caso resulta de partircular interés la determinación de criterios que permitan precisar niveles de complejidad tecnológica.

8. Fabricantes de software

Este punto es un aspecto de especial relevancia, sobre todo en términos de la problemática de las nuevas tecnologías.

9. Centros de Formación de Recursos Humanos

En relación a este aspecto se pueden distinguir:

9.1. Centros de Formación de Recursos Humanos del Cuarto Nivel

9.2. Centros de Formación de Recursos Humanos del Tercer Nivel

9.3. Centros de Formación de Recursos Humanos de Nivel Técnico

9.4. Programas de Becas en el extranjero

Para cada aspecto se trataría de recoger la información distinguiendo entre científicos, ingenieros, técnicos y gerentes, tratando, en cada caso, de determinar cual es, aproximadamente, el perfil del egresado.

B) Indicadores que miden resultados obtenidos por la oferta nacional.

En este caso se trabajaría con la única información disponible, las patentes y las marcas de origen nacional, tomando en cuenta, lógicamente, las limitaciones que tienen en cuanto a revelar la actividad tecnológica que principalmente se realiza en un país subdesarrollado.

INDICADORES QUE MIDEN LA IMPORTACION DE TECNOLOGIA.

Aquí se trata fundamentalmente de establecer los costos en que se incurre por concepto de importación de tecnología, tratando de precisarlos en función de los siguientes criterios:

a) el canal de importación (inversión extranjera, patentes, marcas, maquinarias y equipos, asistencia técnica y servicios tecnológicos).

b) las distintas ramas del sector industrial (alimentos, metalmecánica, química, etc.)

c) el tamaño de la empresa receptora

d) la estructura de capital de la empresa receptora

e) la nacionalidad del proveedor

f) vínculo casa matriz/filial

Los indicadores así recabados deben servir para introducir algunas comparaciones entre países de igual o diferen-

te nivel de desarrollo y deben relacionarse, así mismo, con ciertas variables tales con el Producto Territorial Bruto, el Producto Industrial, el presupuesto de educación, el presupuesto de investigación, etc. De ambas maneras podrán adquirir mayor significado.

Resulta importante recordar, no obstante, lo que ya se ha señalado anteriormente: los costos en que incurre un país por concepto de adquisición de tecnología extranjera no deben entenderse automáticamente como negativos. La interpretación adecuada de lo que ellos puedan representar en términos del desarrollo tecnológico endónego sólo podrá hacerse si a) se hace un análisis que vaya más allá de lo cuantitativo, que es el que tradicionalmente se ha hecho, y repare en consideraciones cualitativas (por ejemplo: no deben entenderse de la misma manera los costos asociados a la importación de marcas que los asociados a la importación de maquinarias, ni entenderse éstos como se entienden los costos derivados de la contratación de servicios tecnológicos) y b) se relacionan estos costes con la "perfomance" de los indicadores micro (ver sección siguiente). Dicho de otra manera, estos últimos son los que principalmente van a permitir determinar en qué grado los costos de importación se traducen en adquisición de capacidad tecnológica y no solo de capacidad de producción.

Indicadores que miden la capacidad nacional de gestión del desarrollo tecnológico.

Se trata de aspectos que nunca han sido contemplados en los inventarios realizados en Latinoamerica. Aquí se trata de establecer de qué manera se puede registrar la capacidad que tiene un país de "manejar" el problema tecnológico a través de su infraestructura institucional y jurídi-

ca. En otras palabras, se trata de precisar a través de que organizaciones y qué normas se formulan e implementan políticas tecnológicas, a través de qué mecanismos se financian qué tió de actividades tecnológicas, mediante qué formas se conectan el aparato tecnológico y el aparato productivo, cómo se forman recursos humanos etc. Los indicadores relevantes en relación a este tipo de cuestiones ha de surgir básicamente a partir de los datos que se recaben sobre a) la organización adoptada por el Estado para la gestión del desarrollo tecnológico organismos de planificación global, oganismos de planificación sectorial etc., y b) instrumentos que le dan concresión jurídica a las políticas tecnológicas (régimen de inversiones extranjeras, régimen de importación de tecnología, régimen de patentes y marcas, régimen de normalización y control de calidad, régimen de compras del Estado, régimen de protección industrial, etc.); y c) el nivel de conocimento de los empresarios acerca de la problemática inherente a la "gerencia tecnológica".

IV ASPECTOS RELEVANTES PARA EL DISEÑO DE INDICADORES MICRO DE CAPACIDAD TECNOLOGICA

Vale la pena reiterar algunos de los planteamientos recogidos en las páginas precedentes, dado que ellos se desprenden los aspectos que aquí se toman como punto de partida para la elaboración de indicadores tecnológicos a nivel micro.

En lo que va de documento queda claro, en síntesis, que gran parte de la bibliografía disponible, la que ha prevalecido en los círculos académicos y burocráticos, sólo sirve muy parcialmente para determinar la capacidad tecnológica de un país subdesarrollado. Esa bibliografía dice poco acerca de la manera como se debe entender y evaluar la realidad tecnológica de países en donde las relaciones entre la actividad científica, la actividad tecnológica y la actividad productiva ocurren en forma distinta a como ocurren en los países desarrollados, cuyo estudio ha generado la mayor parte de los textos existentes.

Los estudios que revisten de mayor interés son una porción relativamente minoritaria dentro de la literatura con que se cuenta. Son aquellos dirigidos al examen del cambio técnico a nivel micro y varios han sido realizados en la misma Latinoamerica. El planteamiento básico que apuntala las ideas que allí se desarrollan es el siguiente: los procesos de importación de tecnología y de creación local de tecnología no son excluyentes, sino complementarios. (Este señalamiento no cabe, desde luego, en la concepción implícita en el modelo lineal de la innovación).

En este informe se supone, por tanto, que la importación de tecnología no es una cosa "mala" per se, sino que, dependiendo de las condiciones en que se den los procesos

de adquisición y uso de la tecnología extranjera, puede o no contribuir al fortalecimiento de la capacidad tecnológica del país y empresa receptora. El problema estriba, entonces en determinar a través de qué tipo de indicador se puede medir la capacidad de un país en términos de los dos procesos mencionados. En consecuencia, lo que hay que hacer es pensar en la elaboración de dos clases de indicadores que, aunque muy vinculados entre sí, son perfectamente distinguibles: 1) Indicadores que midan la capacidad de adquisición de tecnología por parte de la empresa y 2) Indicadores que midan la capacidad de utilización de la tecnología por parte de la empresa.

A continuación se desarrollan algunos aspectos que permitirán, en un futuro trabajo, construir ambos tipo de indicadores.

1.: Indicadores que miden capacidad de adquisición

En la fase de adquisición de la tecnología cabe diferenciar dos subfases: A) la de pre-inversión, que es aquella en la que la empresa determina qué tecnología es la que va a comprar y B) la de inversión, que es aquella en la que la empresa implementa el proyecto industrial asociado a la tecnología que escogió. De nuevo cabe la advertencia de que se trata de aspectos que guardan entre sí una íntima vinculación.

A) Indicadores para la sub-fase de pre-inversión

Dentro de la pre-inversión resulta conveniente distinguir dos problemas: a) selección y evaluación de tecnologías y b) negociación de tecnologías.

a) Selección y evaluación de tecnologías

A través de diferentes estudios se sabe que la escogencia inicial de la tecnología (su naturaleza) y las características de los proveedores tendrán un impacto muy importante en la fase de utilización (post-inversión) de la tecnología. En otras palabras, se ha podido determinar con bastante claridad que el tipo de proceso de manufactura seleccionado implicará "áreas específicas de retos tecnológicos", los cuales deberán ser enfrentados por la empresa, y también que la manera como sean enfrentados dependerá en buena medida del proveedor.

En este punto se trata, entonces, de saber cómo se puede medir la estrategia que adopta la empresa para adquirir la tecnología, lo cual supone elaborar los indicadores en torno a aspectos como los que se mencionan a continuación:

- Capacidad de la empresa para evaluar la tecnología desde el punto de vista económico, social y técnico.

- Capacidad de la empresa para desagregar paquetes tecnológicos (identificar los distintos elementos componentes del paquete: estudios de factibilidad, ingeniería básica, ingeniería de detalle, ingeniería civil, suministro de maquinaria y equipos, entrenamiento de la mano de obra, construcción y montaje de planta, arranque de planta, etc).

- Capacidad de la empresa para evaluar y seleccionar proveedores, lo cual supone principalmente dos co-

sas: información sobre los proveedores en sí (sus características, su historia) e información con respecto a sus diferencias en la prestación de servicios tales como entrenamiento, asistencia técnica, servicios de arranque, etc.

- Capacidad de la empresa para realizar estudios de prospectiva (sobre todo cuando se ha escogido tecnologías novedosas), a fin de poder entrever las posibles direcciones en que evolucionará la tecnología y las implicaciones que ello conlleva para la empresa.

- Capacidad de la empresa para ejecutar inversiones complementarias y paralelas al proceso de adquisición de la tecnología a fin de lograr un mayor dominio sobre la tecnología escogida. Por medio de estas inversiones la empresa busca "reconstruir" ("ingeniería al revés") la tecnología.

- Capacidad de la empresa para detectar los requerimientos futuros que la adquisición de una determinada tecnología impondrá sobre los recursos internos de la empresa (organizacionales, humanos, etc.), así como para estimar los posibles costos en que se incurrirá a fin de poder cumplir con esos requerimientos.

- Capacidad de la empresa para relacionarse con centros de investigación y firmas de ingeniería a propósito de los diversos aspectos involucrados en la selección y evaluación de tecnologías.

b) Negociación de Tecnologías

Aquí se trata de elaborar indicadores que permitan medir la capacidad de la empresa alrededor de tres aspectos básicos:

- Capacidad para lograr un pago justo por la tecnología adquirida.

- Capacidad para lograr condiciones adecuadas para el suministro de la tecnología.

- Capacidad para lograr un uso irrectricto de la tecnolcgía adquirida.

B. Indicadores para la sub-fase de inversión

Esta sub-fase, que es, como se apuntó, aquella en la que se ejecuta el proyecto industrial, es la que mayor atención recibe por parte de la generalidad de las empresas Latinoamericanas y es, probablemente, en donde éstas tienen un mayor nivel de aprendizaje.

Dentro de esta sub-fase es preciso distinguir al menos cuatro problemas: a) diseño de ingeniería, b) adquisición de maquinarias y equipos, c) construcción y montaje de plan- y d) arranque de planta.

a) Diseño de Ingeniería

Aquí los indicadores deben ser elaborados para registrar la capacidad de participación de la empresa en la elaboración de los criterios generales de diseño de la planta y en la ingeniería básica y de detalle.

b) Adquisición de maquinarias y equipos

En este caso los indicadores deben tender a medir la capacidad de la empresa de velar por el cumplimiento de las especificaciones técnicas y por la entrega de todas las previsiones requeridas para la operación de maquinarias y equipos.

c) Construcción y Montaje de Planta

Los indicadores deben servir para medir la capacidad de la empresa en la realización de los trabajos de ingeniería necesarios para la construcción de las instalaciones y el montaje de los equipos.

d) Arranque de Planta

Los indicadores deben deteminar la capacidad que tienen la empresa para evaluar en qué grado se están cumpliendo las condiciones acordadas contractualmente con el proveedor y para captar la "tecnología operativa" requerida para hacer funcionar la planta.

2. Indicadores que miden capacidad de Uso

Como ya se dijo en la sección II del presente documento, Katz tuvo el mérito de llamar la atención sobre la importancia de las actividades que ocurren en la empresa durante la fase de utilización (post-inversión) de la tecnología. Estas actividades están dirigidas a captar, optimizar y mejorar la tecnología adoptada por una determinada planta. Katz también subrayó la importancia de la conexión existente entre los niveles de aprendizaje que se logran en el momento de adquisición de la tecnología y los niveles que se logran durante el tiempo en que se la utiliza.

Para el diseño de indicadores que sirvan para medir la capacidad que tiene la empresa de utilizar la tecnología adquirida hay que distinguir entre: A) la capacidad técnica, propiamente dicha, de la empresa y B) la capacidad organizacional.

a) Indicadores de capacidad técnica

Medir capacidad técnica significa medir la capacidad con que cuenta la empresa para concebir e implementar cambios tecnológicos y técnicos en forma sistemática y permanente. A este respecto, los indicadores deben articularse en torno a aspectos como los siguientes:

- Capacidad de la empresa para concebir e implementar una estrategia de desarrollo tecnológico.

- Capacidad de la empresa para buscar información fuera de ella.

- Capacidad de la empresa para registrar, analizar y utilizar los datos referidos al comportamiento tecnoproductivo que tiene lugar a nivel de planta.

- Capacidad de la empresa para realizar actividades de Investigación y Desarrollo.

- Capacidad de la empresa para contratar y manejar la asistencia técnica.

- Capacidad de la empresa para introducir modificaciones de productos y de procesos.

- Capacidad de la empresa en el área de producción (conocimiento de las rutinas operativas, utilización de manuales de operación, desarrollo de pro-

gramas de entrenamiento, racionalización de inventarios de materias primas, etc.).

- Capacidad de la empresa en el área de mantenimiento (conocimiento de los parámetros de mantenimiento, disminución de costos de mantenimiento, reparación de equipos, etc.).

- Capacidad de la empresa en el área de control de calidad (conocimiento de los parámetros de calidad de los productos intermedios y finales, disminución de los costos de operación derivados de la mala calidad, etc.).

B) Indicadores de capacidad organizacional

Ya se decía anteriormente que los trabajos sobre cambio técnico a nivel micro tienen una notable deficiencia no explican cómo ocurre el proceso de aprendizaje. La respuesta tiene, como se apuntaba, un componente organizacional fundamental. Interesa pues, saber cómo se puede medir la capacidad que tiene la empresa, en tanto que organización, para activar las capacidades técnicas que se mencionan en el apartado anterior. En este sentido cabe destacar que no todos los esquemas de organización sirven de igual manera para ese propósito.

La formulación de indicadores tiene que basarse en la consideración de aspectos como los siguientes:

- Formas de adoptar e implementar estrategias frente a los cambios que se suceden en el medio en que se mueve la empresa.

- Formas de adoptar e implementar decisiones al interior de la empresa.

- Formas de entender y establecer comunicaciones (formales y/o informales) entre las diferentes funciones y departamentos de la empresa (gerencia, producción, mantenimiento, control de calidad, personal, etc.).

- Formas de entender y establecer comunicaciones (formales y/o informales) con otros organismos, nacionales o extranjeros (centros de investigación, firmas de ingeniería, fabricantes de equipos).

- Políticas de reclutamiento y selección personal a todos los niveles.

- Políticas de adiestramiento y formación de personal a todos los niveles.

- Políticas de renumeración de personal a todos los niveles.

V. FUTURAS LINEAS DE TRABAJO

Según se ha dicho en diversas oportunidades, este documento constituye la base de apoyo para la elaboración de indicadores útiles para medir la capacidad tecnológica en los países de América Latina. Tomando en cuenta los planteamientos que se recogen en este informe, se considera que, en una próxima etapa, el estudio debe llegar a la definición de indicadores concretos que permitan la organización de inventarios más "fieles" a la realidad tecnológica latinoamericana que los inventarios realizados hasta el presente. Tal estudio debe, en función de ese propósito, desarrollarse a lo largo de las siguientes líneas básicas de trabajo:

a) una profundización teórica de la temática planteada en los conceptos de capacidad científica, capacidad tecnológica y capacidad de producción.

b) una profundización de los aspectos metodológicos (cómo medir mediante indicadores bien fundamentados teoricamente y que a la vez sean prácticos, factibles de usar).

c) una compatibilización de los indicadores macro y micro (que en este informe aparecen demasiado independientes los unos de los otros).

d) un análisis de los problemas que derivan a la generación, difusión y uso de las nuevas tecnologías, en relación a las cuales habría que revisar con cuidado la literatura que se calificó de "neo-shumpeteriana" y mirar su significado con respecto a los países subdesarrollados.

e) un análisis de lo que supondría elaborar indicadores tecnológicos para sectores distintos al industrial (el agrícola o el de servicios, por ejemplo).

B I B L I O G R A F I A

BATSTAD, M., R. (1980): "Indicators of Productivity in Science and Technology" - OECD-stic/80-53- París.

BELL, R.M., SCOTT-KENNIS, D & OLDHAM G. (1980): Towards the Assessment of Requirements for Additional Funding of Scientific and Technological activities for Development". Papel preparado por las Naciones Unidad. (parte A) - Science Policy Research Unit - University of Sussex.

BELL, R.M. (1982a): "Technological Change in Infant Industries: A Review of Empirical Evidence", mimeo, SPRU, The University of Sussex.

BELL, R.M. (1982b): "Learning and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries", mimeo, SPRU, The University os Sussex.

BELL, R.M. (1982c)" "International Transfer of Industrial Technology and Incremental Technical Change in Industrializing Countries", mimeo, SPRU, The University of Sussex.

BELL, R.M. y HOFFMAN, K. (1981): "Industrial Development with Imported Technology: Strategic Perspecive on Policy", mimeo, SPRU, The University of Sussex.

BHALLA, A.S. (ed) (1975): Technology and Employment in Industry. I.L.O. Ginebra.

BYATT, I and COHEN, A (1969): "An Attempt to Quatity the Economic Benefits of Scientific Research", London, Department of Education and Science, Science Policy Studies N° 4, 1969.

CIBOTTI, R. y LUCANGELI, J.: El Fenómeno Tecnológico Interno. BID/CEPAL, Monografía de Trabajo N° 29.

COOPER, C. y HOFFMAN, K. (1981). Technology and Employment in Industry. I.L.O. Geneva.

CONICIT, Costos de Importación de Tecnología 1976-1980. Caracas CONICIT, Seire Estadística.

DAHMAN, C. (1978): From Technological Dependence to Technological Development: The Case of the Usiminas Steel Plant in Brazil. IDB/ECLA Research Programe in Science and Technology, Working Paper Nro. 21.

ENOS, J.L. (1982): "The choice of technique is the choice of beneficiary: What the Third World Chooses", en (ed). F. Stewart & J. James: The Economics of New Technology in Developing Countries, Londres: Frances Pinter.

FREEMAN, C. (1974): The Economic of Industrial Innovation, Penguin Books, London.

FREEMAN, C., CLARK J. y SOETE, L. (1982): "Long waves in economic development", Londres, Frances Pinter.

GIBBONS, M. and Johnston, R. (1974): "The Role of Science in Technological Innovation", Research Policy 3, N° 4, pp. 220-242.

GOLD, B. (1975): Plant Start-up Productivity: Measuring and Predicting Progress in Continuous Steel Casting Machines. PhD. Thesis - The University of Western Ontario.

MAXWELL, P. (1981): Technology Policy and Firm Learning Efforts in Less Developed Countries: A Case-Study of the Experience of the Argentine Steel Firm, Acindar, S.A., D. Phil Tresis The University of Sussex.

MILLER, R.E. (1971): Innovation, Organization and Enviroment. Sherbrooke University of Sherbrooke.

MINISTERIO DE FOMENTO, CORDIPLAN y CORPORACION VENEZOLANA DE FOMENTO. (1969): "La Transferencia de Tecnología de Estados Unidos hacia Venezuela". Caracas.

NELSON, R. (1979): Innovation and Economic Development: Theoretical Retrospect and Prospect. ECLA/IDB Woeking Paper N° 31. Buenos Aires.

OECD (1970): The Measurement of Scientific and Technical Activities. Directorate for Scientific Affairs, París.

OZAWA, T. (1974): Japan's Technological Challenge to the Wes , 1950-74. Cambridge, Massachusetts: M.I.T. Press.

PAVITT, K. and SOETE, L. (1980): "Innovative Activities and Export Shares: some Comparisons between Industries and Countries, en (ed) Pavitt, K.: "Technical Innovation and British Economic Performance". The McMillan Prend London.

ROSENBERG, N. (1976): Perspectives on Technology. Cambridge, England: Cambridge University Press.

SCOTT-KEMMIS, D. (1982): Industrial Learning - Evidence from Improvement Curves. SPRU - The University of Sussex.

SERCOVICH, (1977): Desarrollo de la Capacidad de Ingeniería en el Sector Químico-Petroquímico. Delimitación Metodológica de un Campo de Estudio. BID/CEPAL. Monografía de Trabajo N° 10, Buenos Aires.

SERCOVICH, F.C. (1978): Ingeniería de Diseño y Cambio Técnico Endógeno: Un enfoque Microeconómico Basado en la Experiencia de las Industrias Químicas y Petroquímicas Argentinas. Buenos Aires. BID/CEPAL - Monografía de Trabajo N° 19.

SERCOVICH, F.C. (1980): Stated-Owned Enterprises and Dynamic Comparative Advantage in the World Petrochemical Industry: The Case of Commodity Olefins in Brazil. Harvard Institute for International Development, Debelopment, Discussion Discussion Paper N° 96.

SHERWIN and ISENSON, (1967): "Proyect Hindsight", Science 156, 23 June, pp. 1571-1577.

SKINNER, W. (1982): Technology and the Manager en (ed). N. Tushman and W.L. Moore - Reading in the Management of Innovation, Pitman Inc. Mass.

SPIEGEL-ROSING, I. and de Solla Prince Derek (1977): (ed) Science, Technology and Society A. Croos - Disciplinary Perspective SAGE London.

STEWART, F. (1977): Technology and Under development. London, McMillan.

TEECE, D.J. (1976): The Multinational Corporation and the Reasure Cost of Internacional Technology Transfer; Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts.

UNCTAD, (1974): Mayor Issues Arising from the Transfer of Technology: A Case Study of Ethiopia: UNCTAD Secretarial, Geneva TD/B/AC.-11/21.

UNCTAD (1975): Major Issues Arising from the Transfer of Technology to Developing Countries, UNCTAS Secretariat, Geneva, TD/B/AC. 11/10.

UNESCO (1984): "Manual de Presupuestación Nacional de las actividades Científicas y Tecnológicas". Estudios y documentos de Política Científica Nº 48.

VAITSOS C.V. (1974): Intercountry Income Distribution and Transnational Enterprises, Clarendon Press, Oxford.

VALASKAKIS, K. (1981): Designing Technology-Based Development Strategi without appropiate indicators: The problem and its consequences. Papel presentado a la First Pan-American Conference, of Science Policy and Technology Forecasting San José, Costa Rica.

VIANA, Horacio (1984): "International Technology Transfer, Technological Learning and the Assimilation of Imported Technology in a State-Owned Enterprise" Sussex.

WHITE, E. (1983): Channels and Modalities for the Transfer of Technology to Public Enterprises in Developing Countries. ICFE Monograph Series, Nº 12.