



ORCYT

SEGEPLAN / USAC / SIECA



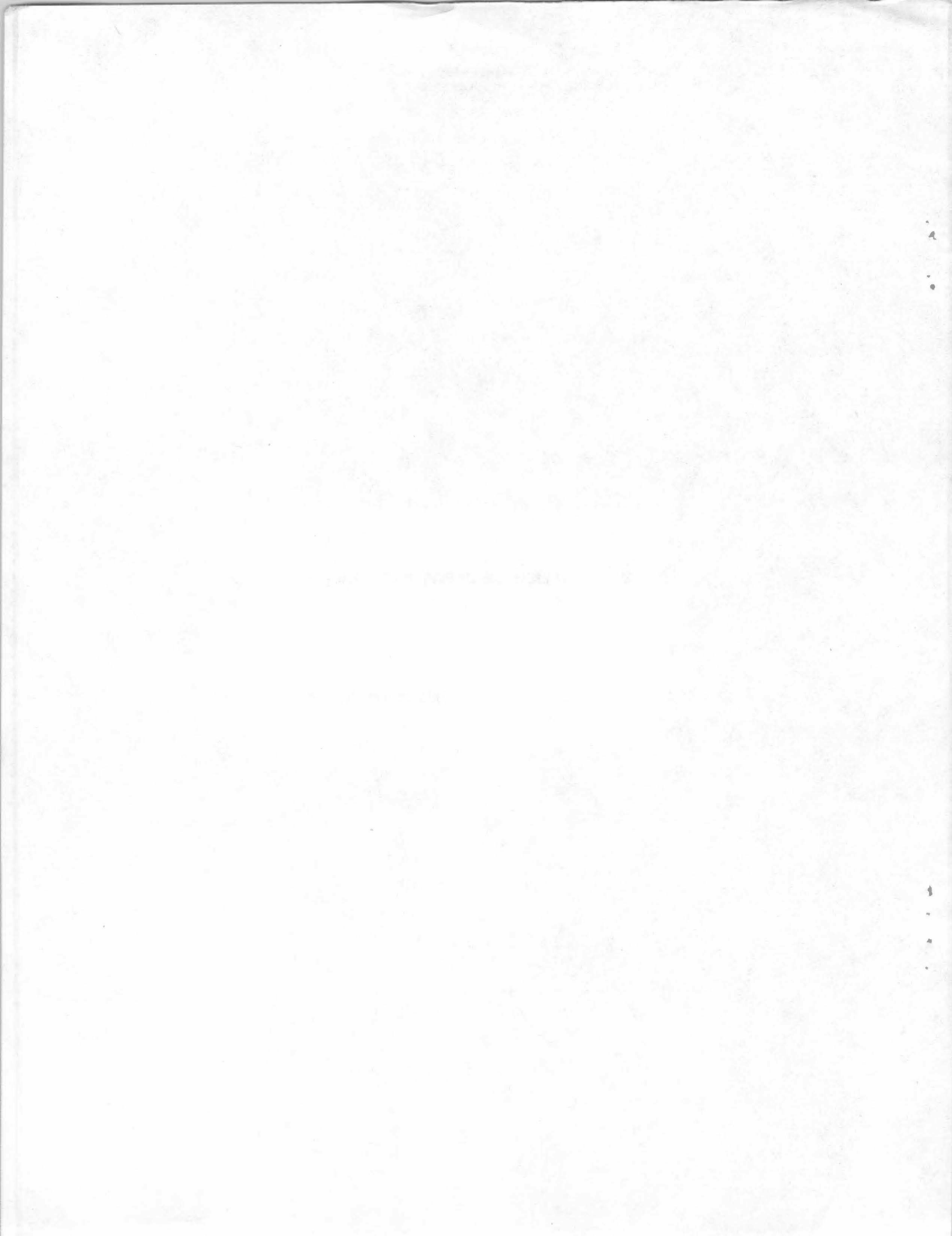
ILPES / CEPAL

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

*Guatemala
10-21 de abril de 1989*

V. ANALISIS DE CASOS NACIONALES

UNESCO / ORCYT-STP



América Latina y la nueva onda de innovaciones

AMILCAR O. HERRERA

Universidad Estatal de Campinas,
Sao Paulo

Acogiéndose a la teoría de los ciclos largos desarrollada por Kondratiev, el autor asimila la actual recesión de la economía mundial a la fase descendente de un ciclo largo, fase asociada al surgimiento de una onda de innovaciones tecnológicas que está afectando profundamente la estructura de todo el sistema económico. Para el efecto, integra en la teoría las conocidas contribuciones de Carlota Pérez.

Los países no industrializados viven una situación ambivalente que las hace parcialmente partícipes de la nueva onda de innovaciones sin haber asimilado aún los efectos de la anterior. La rápida aceleración del progreso técnico se traduce en una mayor prosperidad para el capitalismo en los países centrales no acompañada de igual suerte en la periferia. Al paso que los países industrializados empiezan a vivir la era post-industrial, los países pobres no perciben aún el beneficio generalizado de una revolución industrial.

Teniendo como trasfondo esta posición teórica, el ensayo sugiere pautas para una adecuada selección de prioridades tecnológicas en los países latinoamericanos y señala alternativas para adecuar los sistemas vigentes de Investigación y Desarrollo a la demanda social de Ciencia y Tecnología en una perspectiva histórica real. El texto fue presentado en la Fundación Bariloche durante la Reunión Regional del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, celebrada en octubre de 1985.

16

Un replanteo de la estrategia regional del PNUD para el área de ciencia y tecnología debe tomar como dato inicial la presente crisis mundial, una de cuyas características centrales es la emergencia de una onda de innovaciones tecnológicas cuyo impacto afecta todas las actividades sociales. La identificación de prioridades de mediano y largo plazo —que a su vez, condicionan en gran medida las de corto plazo— requiere una previsión razonable de cuál puede ser el carácter del impacto de la nueva onda en los países de la región.

El marco de referencia que usaremos para ese análisis es la teoría de Kondratiev-Schumpeter sobre los "ciclos largos" de la economía mundial.

En un artículo publicado en 1935 (1), Kondratiev concluye que, "sobre la base de los datos disponibles, es muy probable la existencia de ondas largas de carácter cíclico", agregando después: "al afirmar la existencia de ondas largas y negar que surjan de causas al azar, somos también de opinión que las ondas largas provienen de causas inherentes a la esencia de la economía capitalista".

Kondratiev, si bien señala la asociación de las innovaciones tecnológicas con los ciclos largos, no establece ninguna relación causal entre ambos. Fue Schumpeter que en 1939 propuso una teoría para el comportamiento cíclico de la economía capitalista (2). Desde su punto de vista, la causa del comportamiento cíclico son las innovaciones tecnológicas promovidas por el empresario. Los ciclos largos de Kondratiev son el producto de una serie de innovaciones articuladas, constituyendo cada uno de ellos una "revolución industrial". En esta concepción, un ciclo largo sería la sucesión de transformaciones tecnológicas que afectan el sistema económico a través de un proceso que Schumpeter llamó "destrucción creativa".

En un trabajo reciente Carlota Pérez (3) hace una contribución importante para el entendimiento de los mecanismos y la dinámica de los ciclos largos. Comienza señalando que en la teoría de Schumpeter, el proceso total de "destrucción creativa" generado por un grupo de innovaciones, o por una de ellas, se desarrolla dentro del sistema económico concebido como una entidad auto-

región cada relativamente independientemente del medio social. La sociedad es afectada por el proceso económico y a su vez lo afecta, pero es principalmente un entorno; no se la considera como integrando una estructura única con el sistema económico.

En este enfoque se considera que la sociedad está constituida básicamente por dos subsistemas: el tecnológico y el socioinstitucional; el primero con una tasa de cambio más rápida que el segundo. La crisis estructural producida por un grupo de innovaciones tecnológicas no es tan sólo un proceso de "destrucción creativa" en la esfera económica, sino que implica también profundas transformaciones en el sistema socioinstitucional. Como la tasa de respuesta es diferente, los ciclos largos serían el resultado de la resistencia ofrecida por el sistema socioinstitucional a las transformaciones requeridas para adaptarse a los cambios que ocurren en el sistema tecnoeconómico.

Para C. Pérez las ondas largas presentan diferentes "modos de desarrollo", que son la respuesta a la aparición de sucesivos y bien definidos "estilos tecnológicos". Los modos de desarrollo se extienden de depresión a depresión en cada ciclo, mientras que los estilos tecnológicos evolucionan desde la cresta de un ciclo hasta la cresta del ciclo siguiente. Esto es debido a que el nuevo estilo tecnológico entra en escena cuando el anterior se acerca al límite de sus posibilidades. Un punto importante en la teoría de C. Pérez es que la forma final que tomará un modo de desarrollo no depende sólo —o casi solamente— de las características del nuevo estilo tecnológico: "La forma

final que tomará la estructura, a partir del amplio rango de lo posible y del intervalo de tiempo en que se efectúa la transformación para permitir una nueva fase expansiva, dependerá, en última instancia, del interés, las acciones, la lucidez y la fuerza reactiva de los sectores sociales en juego" (las bastardillas son nuestras).

El conjunto de hipótesis —o teoría— que tan brevemente acabamos de resumir, está todavía en discusión y deberán llenarse muchas lagunas antes de obtener un cuadro completo de la dinámica del comportamiento cíclico de la economía. El cuestionamiento de las presentes teorías incluye un amplio rango de aspectos, desde la noción misma que los ciclos son una característica inherente a la economía capitalista, hasta la validez de las correlaciones sistemáticas establecidas entre ciclos económicos y ondas de innovaciones.

Básicamente por dos razones, sin embargo, adoptamos como marco de referencia de nuestro análisis, la teoría antes citada. La primera es que constituye una construcción conceptual internamente consistente, no contradice los hechos y en nuestra opinión, tiene más poder explicativo que cualquier otra teoría o hipótesis propuesta. La segunda y más importante razón, es que actualmente estamos enfrentando una recesión de la economía mundial que tiene todas las características de la fase descendente de un ciclo largo, asociado a la emergencia de una onda de innovaciones tecnológicas que está afectando profundamente la estructura de todo el sistema económico. Por lo tanto, cualquiera que sean las dificultades que encontremos al aplicar la teoría a las ondas largas pasadas, no hay duda

que es el mejor instrumento de que disponemos para entender la onda actual.

1. La experiencia del pasado

1.1. El impacto del ciclo anterior en América Latina

Para evaluar los posibles efectos de la nueva onda larga sobre los países de América Latina es necesario comprender la situación actual y sus causas; en otras palabras, debemos examinar el impacto del anterior ciclo de Kondratiev —el que empezó en los años treinta y culminó en los sesenta— sobre la región. El período de "modernización" corresponde en el Tercer Mundo a la introducción de la onda de innovaciones asociada con este ciclo.

No es necesario describir en detalle el marco de referencia que condicionó, en las últimas décadas, el concepto de desarrollo socioeconómico en América Latina y en la mayor parte del Tercer Mundo. Se basó en la evolución de los países desarrollados, particularmente de Europa Occidental, en el período de post-guerra. El éxito del plan Marshall y la rápida aceleración del progreso tecnológico se asociaron en esos países a un período de prosperidad sin precedentes en la historia del capitalismo.

Esos dos elementos —afluencia de capital e introducción de nuevas tecnologías— fueron adoptados por las clases dominantes de la región como pilares sobre los cuales sustentar el desarrollo económico y social. Además de las ventajas intrínsecas de esas tecnologías y de la presión de los países industrializados —básica-

mente a través de la expansión de las multinacionales— para diseminar esas tecnologías como parte de sus objetivos de ampliar el mercado mundial e implementar una nueva división mundial del trabajo, esa estrategia de desarrollo ofrecía dos ventajas importantes: en primer lugar, su simplicidad, por cuanto era el traslado mecánico de una concepción originada en los países avanzados y aceptada sobre la base del efecto de demostración; en segundo lugar, pero mucho más importante, porque parecía asegurar el crecimiento económico —su asociación con el progreso social se daba por sobreentendido— sin cambios sustanciales en las estructuras sociales y económicas prevalecientes.

Los resultados de esa estrategia son bien conocidos y unos pocos indicadores son suficientes para describir, en términos generales, la situación actual. El PBN per capita de la región era 10% más bajo en 1983 que en 1980. La tasa de inflación en los países más industrializados de la región —Argentina, Brasil, Méjico, Venezuela y Chile— había alcanzado valores sin precedentes en el pasado, la deuda externa de la región ascendía alrededor de 340 mil millones de dólares.

Esas cifras indican tan sólo la situación presente total, pero no reflejan los resultados más importantes de la estrategia de desarrollo. Durante la mayor parte del período que estamos considerando, la tasa de crecimiento económico de los países de la región fue bastante alta: entre 1975 y 1981 el PBN de la región se cuadruplicó, mientras el PBN per capita se duplicó. Sin embargo, los beneficios de ese crecimiento sostenido

alcanzaron tan sólo a una minoría de la población, porque el modelo de industrialización se dirigió principalmente hacia los requerimientos de una burguesía y una clase media con el mismo patrón de consumo de sus equivalentes de los países centrales. El resto de la población estaba al final del período en una situación no mucho mejor que en el pasado. Una excepción parcial a este cuadro son los países del "Cono Sur" de la región —Argentina, Chile, Uruguay— donde una mejor distribución del ingreso permitió que una mayor proporción de la población se beneficiara con el crecimiento económico.

América Latina enfrenta ahora una situación que deja poco margen para el optimismo superficial prevaleciente a principios del período de post-guerra. La estrategia previa de desarrollo basada en la afluencia masiva de capital y tecnología, no es más viable. Además de la deuda externa, que hace muy difícil para la región incorporar más capital externo, la recesión económica y la nueva división internacional del trabajo emergente son factores fundamentales para restringir la transferencia de capital del centro a la periferia.

Resumiendo lo anterior, es claro que la onda de innovaciones asociada con el ciclo largo anterior no pudo generar una mayor y mejor distribución de la riqueza, tal como lo hizo en los países avanzados. En consecuencia, mientras los países desarrollados —a pesar de todos los problemas e incertidumbres— están entrando en la era post-industrial, los países de América Latina —tanto como la mayor parte del Tercer Mundo— están recibiendo el impacto de la nueva onda sin haber alcanzado todos los beneficios de la anterior o, de ma-

nera más general, de la revolución industrial.

1.2. Las causas del fracaso

Las razones de ese fracaso han sido ampliamente discutidas en América Latina usando distintos enfoques conceptuales, siendo el más importante la teoría de la dependencia, que ubica la causa principal de la persistencia del subdesarrollo en los países del Tercer Mundo en su modo de inserción dentro de la estructura económica y de poder internacional.

Estamos de acuerdo con los conceptos básicos de esa teoría. Sin embargo, en el contexto de este análisis, y usando la terminología aristotélica, esa sería la causa formal, y queremos concentrarnos sobre la "causa eficiente", el agente o mecanismo directo responsable por el comportamiento de las economías latinoamericanas en el ciclo largo anterior. Una comprensión razonablemente clara de ese mecanismo —en el marco más amplio del ambiente social e internacional— es una de las precondiciones para formular una estrategia para el futuro.

Desde nuestro punto de vista, la causa directa del desempeño de las economías latinoamericanas en la tercera onda larga de Kondratiev, fue el fracaso para adaptar el subsistema socioinstitucional a los cambios del subsistema tecnoeconómico introducido por la onda de innovaciones. El atraso tecnológico fue un factor subsidiario; un resultado, no la causa, del fracaso. Para fundamentar lo anterior consideraremos las transformaciones socioinstitucionales claves asociadas con la última onda larga en los países desarrollados: redistribución del ingreso, fortificación y acep-

tación institucional de los sindicatos e internacionalización de la economía.

La redistribución del ingreso en los países desarrollados, a consecuencia del nuevo estilo tecnológico que permitía la producción masiva de bienes, tuvo dos efectos importantes: el primero fue agrandar enormemente los mercados internos, el segundo, cambiar la pauta de demanda de productos finales. El mercado, que antes se dividía entre bienes de lujo y bienes de primera necesidad, se desarrolló para satisfacer la demanda del sector de ingreso medio que, incluyendo la clase media y una considerable parte de los obreros, abarcaba la mayoría de la población. En América Latina no hubo una redistribución significativa y en muchos países, por el contrario, hubo una continua concentración del ingreso. La consecuencia más importante desde el punto de vista de la estructura productiva, fue que la pauta de producción de bienes no esenciales no fue determinada por la demanda de la mayoría de la población, sino por la de una minoría privilegiada con ingresos más o menos equivalentes a los de las clases medias y altas de los países centrales. Así, el estilo imitativo de industrialización, con la concomitante transferencia masiva y aparentemente indiscriminada de tecnología, no fue una consecuencia del atraso tecnológico —aun con los mismos elementos tecnológicos básicos la composición del "paquete" final de bienes de consumo podría haber sido diferente— sino más bien la respuesta a la pauta de demanda.

Con respecto a los sindicatos, al principio del período que estamos tratando, la industrialización de la mayoría de los países de América La-

tina era incipiente con una pequeña y mal organizada fuerza de trabajo. El desempleo estructural, agravado en muchos países de la región por la existencia de un gran campesinado pobre que emigraba a las ciudades, puso gran parte de la fuerza de trabajo industrial a la defensiva. Por otra parte, la inestabilidad crónica de los gobiernos de la región los hizo temer todo movimiento contestatario, y por lo tanto utilizaron todos los medios posibles para reprimir o controlar la actividad de los sindicatos. Así, a pesar de una larga historia de luchas esporádicas, los sindicatos de América Latina —con excepción de Argentina y Chile durante el gobierno de Allende y de Bolivia en ciertos períodos— nunca tuvieron el poder social y político de sus contrapartes en los países avanzados.

Finalmente, la internacionalización de la economía con la rápida expansión de las empresas multinacionales. el comercio y flujos de capital entre países regulados por acuerdos internacionales, generó una nueva situación en las relaciones económicas mundiales. La inserción de un país en el sistema mundial no dependió ya tan sólo, o casi solamente, de las fuerzas de mercado —controladas fundamentalmente por las empresas privadas— sino también de la capacidad de negociación de los estados nacionales. Muchos de los estados nacionales de América Latina fueron y son intrínsecamente débiles, debido sobre todo a la falta de consenso social de sus gobiernos. Además, las clases dirigentes, cuyos intereses se articularon en parte con los intereses externos, participaron de la voluntad política por luchar por un orden mundial más equitativo, único elemento que podría haber contrabalanceado, por lo menos

pa. Finalmente, el mayor poder político y económico de los países centrales.

Las principales transformaciones en el subsistema socioinstitucional introducido por el último ciclo de Kondratieff, pero los tres que citamos antes son, en nuestra opinión, los cambios centrales. Las características para explicar la naturaleza de las transformaciones más importantes del ciclo de la onda de innovación en América Latina.

2. La nueva onda tecnológica, impacto de la nueva onda en los países centrales

Para una mejor comprensión del posible impacto de la nueva onda tecnológica en América Latina, examinaremos brevemente algunas de las consecuencias del impacto de la microelectrónica en los países avanzados. Nos concentraremos en el proceso de automatización y robotización, por lo que es, sin duda, el más difícil de absorber socialmente, y el que contribuirá más a determinar el carácter de la sociedad emergente del nuevo ciclo.

Como es bien sabido, todas las predicciones de niveles de desempleo para los países avanzados pronostican un empeoramiento continuo de la situación actual. Un estudio reciente del Programa FAST (Forecasting and Assessment in Science and Technology), de la Comisión de la Comunidad Económica Europea, concluye que los 12 millones de desempleados actuales serán alrededor de 20 millones al final de esta década. En otras palabras, el desempleo cambiará de su nivel actual de alrededor de 10-13% de la fuerza de trabajo a aproximadamente un 20% en 1990. Un desempleo del orden del 20% —y seguramente en aumento— llevará a los países cen-

trales a admitir que se enfrentan a un *desempleo estructural*; no con fenómeno transitorio, sino con una tendencia básica inherente al carácter de la nueva onda, que requiere cada vez menos trabajo humano para producir la misma cantidad de bienes y servicios.

La respuesta institucional que las sociedades avanzadas están dando al creciente problema del desempleo, se basa principalmente en el pago de un "salario" al desempleado a través de los servicios de seguridad social. La respuesta no institucional es un rápido crecimiento del sector de servicios y del país así llamado "sector informal" de la economía. Ambos tipos de respuestas sólo pueden ser transitorias; son principalmente sintomas de la falta de estrategia social articulada para enfrentar el problema en su dimensión real. Sin embargo, comienza a admitirse que el carácter del desempleo actual enfrenta los países centrales con un problema que no puede resolverse sin un cuestionamiento completo del rol del salario, y de la relación entre tecnología, empleo y trabajo.

Si tomamos sólo el proceso de automatización y robotización, una comparación entre los países centrales y los periféricos es particularmente reveladora. Los primeros, con bajas tasas de crecimiento demográfico, alta capacidad de acumulación de capital y sin desempleo estructural hasta ahora, no pueden hacer frente al problema de la desocupación que, como hemos visto, alcanzará probablemente niveles del 20% al final de esta década. Es obvio que en los países del Tercer Mundo, con alta tasa de crecimiento demográfico, baja capacidad de acumulación de capital y desempleo estructural crónico, la situación de empleo se deteriorará más rá-

pidamente que en los países centrales. Eso es particularmente cierto en América Latina, donde el grado de industrialización es bastante avanzado.

En la discusión anterior sobre el carácter de la onda de innovaciones nos hemos referido solamente al impacto del proceso de automatización y robotización sobre el empleo, por lo que creemos que es más difícil de absorber socialmente, y el que determinará en lo fundamental las características de la sociedad emergente.

Las otras innovaciones de la nueva onda —entre las cuales conviene destacar la biotecnología y los nuevos materiales— tendrán también profundas repercusiones económicas y sociales. En particular —y esto es de importancia especial para los países de América Latina— modificarán el cuadro de ventajas comparativas a nivel mundial y, como consecuencia, la división internacional del trabajo. El problema en este campo es que la onda de innovaciones abre opciones y posibilidades todavía en gran parte inexploradas, y por lo tanto la nueva división internacional del trabajo está todavía en discusión. Es fundamental que no sea establecida unilateralmente por los países centrales.

No es nuestro propósito en este breve trabajo tratar de explorar todos los efectos del conjunto de innovaciones asociado al nuevo ciclo. Lo que acabamos de exponer, sin embargo, es suficiente para mostrar que la nueva onda tecnológica implica un desafío que no puede enfrentarse sin una conciencia clara de los obstáculos que es necesario superar para aprovechar las opciones que ofrece. De lo contrario sucederá lo mismo que con la onda anterior, con el agrava-

vante ahora de que la brecha que se para a los países centrales de los periféricos está cambiando cualitativamente.

Al final de la Segunda Guerra Mundial los objetivos del desarrollo en los países centrales y en los periféricos eran, en cierta medida, similares. En los países desarrollados, particularmente en Europa, la pobreza era todavía un problema, y parte de la población no había alcanzado un nivel adecuado de satisfacción de las necesidades básicas. La mejoría general del nivel de vida era, en consecuencia, un objetivo tanto para los países desarrollados como para los en desarrollo, aunque sus puntos de partida fueran cuantitativamente diferentes. Ahora la situación ha cambiado radicalmente; para los países del Tercer Mundo la satisfacción de las necesidades básicas de una gran parte de la población —en otras palabras, la obtención de los beneficios de la sociedad industrial— es todavía la meta fundamental. Los países centrales, por otra parte, están entrando en lo que A. Touraine llamó la "sociedad post-industrial", una etapa del desarrollo cuya problemática es cualitativamente diferente de la que confrontan los países del Tercer Mundo.

3. La determinación de prioridades tecnológicas

3.1. Los escenarios socioeconómicos

La selección de prioridades en el área tecnológica requiere una visión prospectiva global de mediano y largo plazo porque, como ya hemos visto, no es posible prever el impacto de las tecnologías sin tomar en consideración las otras dimensiones del mundo humano, y ésto nos lleva a un punto crucial. No existen visiones

"objetivas" del futuro social en el sentido de las predicciones impersonales que se suponen posible en las ciencias naturales. Dentro de ciertos límites relativamente amplios la historia es un proceso esencialmente abierto, y cualquier predicción es una selección entre futuros posibles, y una contribución a la realización de ese futuro.

En consecuencia, la selección de prioridades tecnológicas debe basarse —dentro del marco de referencia de las posibilidades y restricciones resultantes de la identificación y evaluación de las principales tendencias de cambio— en la concepción de una sociedad viable y deseable. No podemos describir esa sociedad en detalle, pero podemos decir por lo menos que ella debe ser participativa, equitativa desde el punto de vista de la distribución de la riqueza, e intrínsecamente compatible con su medio ambiente físico.

Aun dentro de ese marco general, no sería fácil para el PNUD determinar el conjunto de condiciones específicas que esa sociedad debe reunir para ser deseable en el sentido señalado, sobre todo porque la selección de esas condiciones implica juicios de valor que pueden ser diferentes para distintos observadores.

Una manera de enfrentar el problema desde el punto de vista del PNUD, puede ser tratar de identificar aquellas condiciones cuya implementación requiere decisiones tecnológicas, y sin cuya presencia la sociedad no sería deseable. Podríamos denominar *innovantes* a esas condiciones necesarias, aunque no suficientes, para que la sociedad sea realmente deseable.

En lo que sigue analizaremos brevemente dos condiciones o elementos

que, por su importancia intrínseca y por sus implicaciones tecnológicas, en nuestra opinión, esenciales en cualquier sociedad deseable.

Un problema central en cualquier escenario deseable para América Latina, es producción de alimentos, un problema cuyo condicionante principal es población. La tasa media de crecimiento demográfico de la región es de alrededor de 2%, lo que significa que la población se duplicará en poco más de 30 años. Esto implica que la región deberá más que duplicar la producción de alimentos en las próximas tres décadas, considerando que una parte considerable de la población está ahora subalimentada. Ese incremento de la producción —que deberá basarse más en el aumento de la productividad que en la expansión del área cultivada— debe ser guiada por dos objetivos principales: el primero es producir alimento para toda la población. El segundo, contribuir a la generación del excedente económico requerido para la expansión de la industria y los servicios.

La transformación de las áreas rurales implica una amplia modificación del sistema de tenencia de la tierra, y una selección cuidadosa de las tecnologías y métodos de producción a ser introducidos. Aunque la combinación de tecnologías y de organización de la producción —incluida la localización de las industrias relacionadas con la actividad agropecuaria— deben tratar de minimizar la migración a las ciudades —básicamente a través de una mejora sostenida del bienestar de la población rural— el resultado neto será indudablemente una disminución de la fuerza de trabajo requerida por las actividades rurales, con el consiguiente incremento de la fuerza de trabajo

disponible para los otros sectores de la economía.

El segundo elemento obvio —y el factor clave de cualquier escenario deseable— es que los beneficios del proceso inducido por la nueva onda de innovaciones alcance a toda la población. Se puede estimar que actualmente por lo menos el 40% de la población de América Latina está fuera, o casi fuera, del mercado de bienes no esenciales, y una considerable parte de ella aún debajo de un nivel adecuado de satisfacción de las necesidades físicas esenciales (alimentación, vestuario, habitación). La incorporación de toda la población al mercado de bienes y servicios —que sólo puede lograrse a través de una efectiva redistribución del ingreso— representa un formidable desafío económico y tecnológico, pero además de su deseabilidad intrínseca, es el componente central de cualquier estrategia para enfrentar con éxito el impacto de las nuevas tecnologías, como puede verse examinando sus principales consecuencias directas.

El principal efecto de la redistribución del ingreso sería un cambio en la composición de la demanda de bienes y servicios. El ingreso medio, que condiciona el mercado, será menor que el de los países centrales y, en consecuencia, la pauta de consumo de bienes no esenciales deberá ser diferente. Sería un proceso similar al que cambió la pauta de demanda de bienes y servicios en los países centrales, que se desplazó de una división neta entre bienes de lujo y bienes esenciales, a una demanda de bienes intermedios originada por la redistribución del ingreso producida por la producción masiva en serie.

El segundo resultado del proceso sería que la expansión del sistema

productivo permitiría —por lo menos en el período de transición a la nueva sociedad— atenuar el impacto del proceso de automatización y robotización sobre el empleo. Como en el caso de la agricultura, la selección e introducción de las nuevas tecnologías debe ser cuidadosamente controlada para minimizar sus posibles consecuencias negativas.

Los cambios socioeconómicos que acabamos de señalar deben estar presentes en cualquier escenario posible y deseable, y son esenciales para permitir a los países de la región enfrentarse en forma constructiva la onda de innovaciones. El hecho que —por las razones ya indicadas— deberían cambiar sus pautas de consumo, les daría la oportunidad de adaptar el consumo material a un nuevo concepto de bienestar más de acuerdo con los valores de la sociedad emergente, en la cual la utilización del tiempo libre para actividades creativas, y la búsqueda del equilibrio con el medio ambiente físico, serían características centrales.

3.2. Criterios de selección de prioridades tecnológicas

A partir de la identificación de los que hemos denominado condiciones o elementos invariantes —es obvio que existen otros además de los señalados— es posible seleccionar los problemas tecnológicos específicos de cuya solución depende el cumplimiento de esas condiciones.

Del conjunto de problemas tecnológicos identificados a través de ese proceso, el PNUD deberá seleccionar aquellos a los cuales dará apoyo directo. En nuestra opinión, en esa selección debería darse prioridad a los siguientes casos: a) proyectos que a

pesar de ser de gran importancia estratégica para la región no reciben apoyo suficiente de los gobiernos, debido a que no aparecen ligados a demandas sociales inmediatas, de corto plazo; b) proyectos de investigación que, además de su relevancia en relación con problemas específicos, tienen un importante efecto multiplicador sobre los sistemas de I y D (volvemos sobre este punto más adelante); c) proyectos que requieren el esfuerzo cooperativo de instituciones de varios países, y cuya organización puede ser facilitada por la red internacional del PNUD.

Un punto que debe ser tenido especialmente en cuenta, es el proceso de democratización que está teniendo lugar en varios países de la región. Esto facilita considerablemente la fijación de objetivos de largo plazo implícitos en la definición de una sociedad viable y deseable. Por otra parte, los gobiernos de esos países enfrentan problemas graves de corto plazo, que les impiden a veces prestar suficiente atención a los objetivos estratégicos de mediano y largo plazo. El PNUD puede hacer una contribución muy importante al desarrollo de la región al subsanar, por lo menos en parte, esas deficiencias.

En la sección anterior sugerimos algunos criterios generales para identificar áreas tecnológicas prioritarias, en función de las metas básicas del desarrollo. La experiencia muestra, sin embargo, que los errores no se cometen tanto al nivel de la fijación de objetivos globales, como al nivel de la identificación y estudio de los obstáculos que deben superarse para alcanzar esas metas.

Existe una considerable literatura sobre el tema cuya revisión no es po-

sible ni necesaria en este trabajo. Nos limitaremos a sugerir la utilización de criterios de identificación y evaluación de problemas cuya utilidad comprobamos en la práctica. Los principales están centrados en los conceptos de "área problema" y "espacio tecnológico", y fueron desarrollados en el proyecto "Sistemas de I y D en el contexto rural" (R and D Systems in Rural Setting) patrocinado por la Universidad de las Naciones Unidas (4).

Una vez identificadas las metas socioeconómicas la tarea central es analizar cuidadosamente las trayectorias establecidas para alcanzarias, e identificar los posibles obstáculos que deben ser superados —económicos, sociales, ambientales incluyendo recursos naturales, culturales, tecnológicos, etc.— y que raramente se presentan aislados. En general esos obstáculos están constituidos por la articulación de varios de esos elementos en lo que podemos llamar un "área problema". Uno de los mayores desafíos de la planificación es identificar los elementos que constituyen un área problema, la manera como esos elementos interactúan, y la importancia relativa de cada uno de ellos.

Un problema tecnológico —en el ámbito que estamos considerando— está siempre inmerso en un contexto socioeconómico específico y, como es bien sabido, en muchos casos su solución depende más de condiciones sociales, económicas o políticas que de investigación científica. No reconocer claramente este hecho lleva muchas veces a que instituciones científicas competentes propongan solucio-

nes tecnológicas que resultan finalmente irrelevantes, porque no se adecúan a las condiciones reales del área problema. La causa de esos fracasos es, en la mayoría de los casos, el hecho de que el problema tecnológico se presenta a las organizaciones científicas sin una adecuada especificación de las condiciones de contorno.

Por otra parte, la importancia y significación del componente tecnológico varía en relación con la situación jerárquica del área problema. En el nivel más alto de la jerarquía aparecen aquellas que resultan del tipo de inserción del sector, o de la comunidad afectada, en el sistema socioeconómico a nivel nacional, o del país en la estructura de poder internacional. En la mayoría de los casos, en el tipo de problemas que se presentan en este nivel, el componente tecnológico es sólo subsidiario. Ejemplos de esta categoría son los problemas relacionados con la estructura de propiedad de la tierra que sólo pueden ser solucionados por una reforma agraria, y la fijación de precios de productos exportables determinada por la estructura de poder económico a nivel mundial.

En niveles más bajos de la jerarquía aparecen problemas que, aunque relacionados con los anteriores, presentan una variación mucho más amplia en cuanto a su grado de control por el contexto socioeconómico y político. Estos problemas admiten una primera división entre aquellos que no tienen un componente tecnológico, y aquellos que lo tienen. Los primeros están fuera del área de interés del sistema de I y D*.

* Nos referimos a las tecnologías físicas. Es obvio que esos problemas pertenecen al área de interés de las ciencias sociales.

Los problemas con componente tecnológico se pueden dividir en dos categorías: aquéllos para los cuales la solución tecnológica no es viable por el momento, debido a restricciones socioeconómicas o políticas; y aquéllos en que la solución tecnológica es viable en las condiciones actuales. En la primera categoría tres alternativas son posibles: a) abandonar el problema hasta que un cambio en las condiciones de contorno permita atacar el componente tecnológico; b) buscar una solución tecnológica alternativa que permita eludir las restricciones socioeconómicas; c) atacar el problema suponiendo que la existencia de una solución para el componente tecnológico puede ayudar a que se eliminen las restricciones socioeconómicas. La decisión entre estas tres alternativas requiere no solamente un adecuado conocimiento del campo tecnológico sino también, y sobre todo, un conocimiento profundo de la verdadera naturaleza de los obstáculos socioeconómicos o políticos.

Los criterios y mecanismos de selección que acabamos de sugerir parecen obvios pero no siempre se aplican correctamente en la práctica, como lo demuestra la abundante literatura dedicada a analizar las causas por las cuales muchos proyectos —aparentemente correctos desde el punto de vista técnico— estuvieron muy lejos de producir los beneficios esperados. La razón principal es que las restricciones que condicionan las soluciones tecnológicas son generalmente el resultado directo o indirecto de conflictos de intereses económicos o sociales que no siempre pueden ser resueltos por el poder político. Por otra parte, estos conflictos raramente aparecen en forma abierta: su manifestación más visible es bajo la forma de deficiencias técnicas u organizacionales.

Esto explica por qué los organismos de planificación o de investigación científica y tecnológica —que consideran que su tarea específica es ocuparse de los aspectos técnicos de los problemas, y no del contexto socioeconómico o político en que éstos aparecen— confunden a veces los efectos con las causas, o tienden a ignorar o minimizar la importancia de factores que consideran ajenos a su esfera de competencia profesional.

El concepto de "estudio tecnológico" surge de la metodología utilizada por el proyecto antes mencionado para generar tecnologías adecuadas a las condiciones específicas de áreas rurales, con la participación activa de los campesinos. La metodología incluye una serie de etapas en las cuales, después de identificar el componente tecnológico de un "área problema", se determinan las funciones que la solución tecnológica deberá cumplir, y las condiciones de contorno, tanto físicas como sociales, económicas y culturales.

De la información obtenida en esas etapas se deriva un conjunto de supuestos o paradigmas que serán el marco de referencia para la etapa final de desarrollar la tecnología requerida. Ese conjunto de supuestos —que contiene información científica, tecnológica, económica, del medio físico, social y cultural— define un "espacio tecnológico".

Para finalmente construir la tecnología, todas las soluciones posibles que entran en el espacio tecnológico deben ser consideradas. Como es bien sabido, muchas soluciones tecnológicas alternativas para un determinado problema, pueden derivarse del mismo cuerpo de conocimiento científico. La existencia de un marco de referencia apropiado permite la ex-

ploración de una multiplicidad de caminos posibles, y la selección del más adecuado para la situación específica contemplada.

Es necesario destacar que en esta metodología generación endógena de tecnología se refiere al proceso a través del cual se determinan las características que la tecnología debe tener. Lo "endógeno" es el proceso de definición, y no necesariamente la tecnología misma, que puede ser importada, siempre que encaje en el espacio tecnológico. De esta manera la transferencia de tecnología se convierte en una parte integral del proceso de generación de tecnología.

El concepto de espacio tecnológico es particularmente importante para los países en desarrollo. En los países centrales, o en el sector "moderno" o rico de los países periféricos, los científicos y técnicos que producen o adaptan las tecnologías pertenecen al mismo medio socioeconómico y cultural que los usuarios; se puede decir que comparten el mismo espacio tecnológico.

En gran parte de las áreas rurales de los países en desarrollo la situación es diferente. Los científicos y técnicos de los sistemas de I y D pertenecen a un medio socioeconómico y cultural diferente, y por lo tanto carecen de un marco de referencia adecuada para determinar cuáles son las soluciones tecnológicas más convenientes para las condiciones y necesidades de la población rural. La construcción del espacio tecnológico a través de una activa interacción entre científicos y tecnólogos y la población local, provee ese marco de referencia.

Cuando nos referimos a los proyectos que, en nuestra opinión, debían ser

priorizados por el PNUD, incluimos aquellos que tienen un importante efecto multiplicador sobre el sistema de I y D. Para evaluar ese efecto es necesario examinar el significado de la secuencia investigación básica, aplicada y de desarrollo en la estrategia científica y tecnológica.

Se puede decir que la posibilidad de encontrar soluciones tecnológicas apropiadas para las condiciones específicas de una determinada sociedad —en otras palabras, la posibilidad de tomar decisiones autónomas— varía en relación directa con la posición en la secuencia investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental en que se inicia el trabajo. El mayor número de opciones se encuentra al nivel de investigación básica; los grados de libertad disminuyen continuamente, hasta tornarse casi nulos, a medida que se desciende en la secuencia investigación aplicada y desarrollo.

Es obvio que es muy difícil para un país desarrollar en forma autónoma toda una área tecnológica a partir de la investigación básica. Entre los países desarrollados, como es bien sabido, la transferencia de tecnología se produce básicamente de dos maneras: por la transferencia de resultados de investigación básica y aplicada que luego se amplían en el país receptor, o por la adaptación a las condiciones locales de tecnologías producidas en el exterior. En este último caso esos países tienen una ventaja importante sobre los del Tercer Mundo: el bloque de los países desarrollados —esencialmente Europa, Estados Unidos, Canadá y Japón— es relativamente homogéneo desde el punto de vista de los parámetros básicos que condicionan las soluciones tecnológicas —económicas, sociales, culturales, medio

ambiente físico— y por lo tanto la adaptación de tecnología generadas en el exterior no ofrece mayores dificultades. Para la mayoría de los países de América Latina, los cuales los parámetros antes mencionados tienen valores muy diferentes a los de los países centrales, la adaptación de tecnologías es mucho más difícil, y requiere una cuidadosa exploración de las opciones posibles.

En los períodos en que los paradigmas tecnológicos dominantes están ya consolidados, es muy poco probable que los países que no participaron en las etapas iniciales puedan implementar soluciones tecnológicas propias. Esta fue la situación de los países en desarrollo, y en particular de los de América Latina, en el período de post-guerra. Además de estar los paradigmas tecnológicos dominantes ya consolidados—o en proceso avanzado de consolidación— en paquetes tecnológicos finales, los sistemas de I y D locales estaban muy poco desarrollados. El resultado fue que la transferencia tecnológica se produjo casi exclusivamente en la fase final del desarrollo experimental.

Ahora la situación es diferente. La nueva onda de innovaciones ofrece, por lo menos a los países más industrializados de la religión—con sistemas de I y D mucho más avanzados que al comienzo de la postguerra— la oportunidad de entrar en esos campos tecnológicos en sus estados iniciales de desarrollo. Dado que toma algún tiempo transformar esas innovaciones en paquetes tecnológicos transferibles, esos países tienen la posibilidad de desarrollar versiones mejor adaptadas a sus propias condiciones y necesidades.

En un trabajo reciente, G. Dosi (5) expone el concepto de paradigma tec-

nológico—un concepto paralelo al paradigma científico de Kuhn— y de trayectoria tecnológica, la manera en que el paradigma evoluciona: “una trayectoria tecnológica es un conjunto de posibles direcciones tecnológicas cuyos límites están determinados por la naturaleza misma del paradigma”. En otras palabras, un paradigma tecnológico no es un sistema cerrado cuya evolución está unívocamente determinada. Está compuesta por un núcleo de conocimientos y de una diversidad de posibles trayectorias, cuya dirección está en gran parte determinada por el medio social, como señala Dosi cuando destaca “el rol desempeñado con frecuencia por las fuerzas públicas (políticas) en el establecimiento de una trayectoria tecnológica determinada”.

Por otra parte, el iniciar la investigación de un área tecnológica en la parte más alta posible de la secuencia para ampliar el número de opciones disponibles, tiene un considerable efecto multiplicador sobre el sistema de I y D. Esto puede verse claramente a través de un breve examen de la forma en que ese sistema se articula.

En todo lo anterior, y siguiendo una convención consagrada por el uso, nos hemos referido siempre a los *sistemas* de I y D de los países de la región. Sin embargo, usando una definición muy general “un sistema es un conjunto de objetos conectados por alguna forma de interacción regular o interdependencia”. A la luz de esta definición resulta claro que los países latinoamericanos tienen los elementos que requiere un sistema de I y D, pero que las interacciones entre esos elementos son tan débiles y erráticas que no se puede decir que estén realmente articulados en un sistema.

Esa falta de articulación es bien conocida por los científicos y tecnólogos activos, y es uno de los temas recurrentes en los estudios sobre política de la ciencia y la tecnología. Las causas de esa situación no deben buscarse principalmente, como a veces se hace, en deficiencias o errores de las organizaciones involucradas. Esas deficiencias o faltas de conducción seguramente existen pero, en nuestra opinión, son más un efecto que la causa del problema que nos ocupa.

El elemento integrador de un sistema de I y D es el flujo continuo de demanda de investigación. A los efectos analíticos ese flujo puede ser dividido en dos etapas: la primera es la demanda de investigación que parte de la sociedad y que es la que activa el sistema; la segunda es el flujo de demanda de investigación entre los distintos componentes del sistema. En este caso consideramos como componentes no a las organizaciones individuales, sino a los subconjuntos de esas organizaciones que se encargan de las distintas fases de la investigación. En otras palabras, el flujo de demanda entre esos subconjuntos es equivalente al flujo de demanda entre investigación básica, aplicada y de desarrollo.

El problema central, en consecuencia, es crear y estimular el flujo de demanda de investigación en las dos etapas que acabamos de mencionar. Ya nos hemos referido antes a los criterios generales para identificar y orientar la demanda de la sociedad sobre el sistema de I y D: nos ocuparemos ahora brevemente del flujo dentro del sistema.

El principio general que gobierna el flujo interno del sistema de I y D se puede enunciar como sigue: la in-

tensidad del flujo de demanda de investigación depende más o menos directamente de la altura de la secuencia de investigación básica, aplicada y de desarrollo en la que se inserta la demanda proveniente de la sociedad.

Si la demanda se inserta—como ha sido hasta ahora en la mayoría de los casos— en la parte final del desarrollo, esto significa que se insertan paquetes tecnológicos completos en los cuales sólo es posible introducir adaptaciones menores a las condiciones locales. En este caso la demanda sobre el resto del sistema es casi nula. A medida que se sube en la secuencia, en la búsqueda de más grados de libertad en la selección de opciones tecnológicas, la demanda sobre el sistema aumenta. Cuando finalmente la demanda externa es capaz de movilizar activamente el subsistema de investigación aplicada, éste comienza a ejercer una demanda efectiva sobre el subsistema de investigación básica, activando así toda la secuencia.

En la identificación de la demanda social debe tenerse en cuenta también que el objetivo central de la estrategia de I y D—crear la capacidad de tomar decisiones autónomas— exige que el Estado estimule activamente la investigación en aquellas áreas tecnológicas en las cuales a pesar de ser consideradas de importancia estratégica, la demanda social directa es todavía débil o inexistente. Esto es particularmente importante en los períodos de cambio tecnológico, cuando las tecnologías que constituyen el nuevo paradigma están todavía en gestación.

4. Prospectiva tecnológica

Una política científica y tecnológica de largo plazo requiere necesaria-

...ente formular hipótesis en lo que se refiere a cuáles van a ser las áreas tecnológicas o de conocimiento de más importancia para los países de la región, durante el período considerado. Esta exploración es más necesaria para los países en desarrollo que para los países centrales, como se puede ver fácilmente.

Los países desarrollados tienen sistemas de I y D capaces de satisfacer la demanda científica y tecnológica de sus objetivos de desarrollo económico y social. Cuando surge una nueva onda tecnológica —como es el caso ahora— el problema de esos países no es tanto expandir sus sistemas de I y D, como orientarlos parcialmente para adecuarlos a la nueva situación. Esa tarea se ve facilitada por el hecho que las nuevas tecnologías surgen como resultados de avances científicos en los cuales todos ellos participaron en mayor o menor medida.

Para los países en desarrollo, como los de América Latina, el problema es mucho más difícil. Sus sistemas de I y D no están en condiciones de satisfacer adecuadamente la demanda social actual, lo que significa que deberán dedicar gran parte de su esfuerzo futuro a cubrir ese déficit. Si cometen errores serios en la identificación de las áreas tecnológicas o de conocimiento que van a ser cruciales en el futuro, les va a ser muy difícil redireccionar sistemas de I y D ya sobrecargados. La posibilidad de reorientación en los países avanzados se basa en la existencia de una cierta capacidad redundante de los sistemas de I y D, que puede ser dedicada a nuevas tareas sin comprometer seriamente el esfuerzo en otras áreas.

Es fundamental, por lo tanto, que los países de la región realicen sus propios estudios de prospectiva tecnológica, sobre la base del establecimiento de grupos interdisciplinarios permanentes. Sin esa visión prospectiva en continua actualización, es muy difícil formular una estrategia científica y tecnológica suficientemente dinámica y flexible como para adaptarse a nuevas opciones y posibilidades.

Este es un campo donde la acción del PNUD puede ser particularmente importante. La mayoría de los gobiernos de la región, presionadas por demandas sociales de corto plazo, y con problemas presupuestarios agravados por la recesión económica, tienden a descuidar las áreas que no parecen ser de interés inmediato.

5. Cooperación regional en ciencia y tecnología

El tema de la cooperación científica entre los países de la región, ha sido tratado hasta ahora principalmente en relación con los países que, por su pequeña dimensión, se supone que no están en condiciones de desarrollar sistemas de I y D con la masa crítica necesaria para actuar con eficacia en los campos avanzados de la ciencia y la tecnología. Se suponía implícitamente que los países mayores, aunque también podían obtener grandes beneficios de esfuerzos de cooperación, podían alcanzar individualmente un grado razonable de autonomía científica y tecnológica. El resultado fue que los programas de cooperación a nivel institucional han sido hasta ahora pocos y discontinuos.

En la situación actual es muy difícil —si no imposible— que cualquier país de la región pueda alcanzar por

sí solo el grado necesario de autonomía en el campo científico y tecnológico, para poder aprovechar adecuadamente los beneficios implícitos en la nueva onda de innovaciones. Es indispensable, en consecuencia, que los países latinoamericanos realicen un esfuerzo de cooperación articulado y sistemático a nivel regional y subregional.

El PNUD puede dar una contribución muy valiosa a esa tarea a través de dos tipos de acciones: la primera

BIBLIOGRAFIA

1. KONDRATIEV, N. D., *The Long Waves in Economic Life*, The Review of Economic Statistics, Vol. XVIII, Nº 6, November, 1935.
2. SCHUMPETER, J. S., *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, MacGraw-Hill, New York, 1939.
3. PEREZ, C., *Structural Change and Assimilation of New Technologies in the Economic and Social Systems*, Futures, October, 1983.
4. HERRERA, A. O., *Research and Development Systems in Rural Setting: Background of the Project*, HSDRRD-1/UNUP-363, United Nations University, Tokyo, 1982.
5. DOSI, G., *Technological Paradigms and Technological Trajectories, Research Policy* (11), 1982.

Los países industrializados ante las nuevas tecnologías

I. Panorama internacional y
situación en España

J. BARBERÁ, M. GAMELLA, J. GUERRA, A. HERRERO

J.A. RESCALVO, F. ROS y R. VALLE

EDICION DE FRANCISCO ROS

Los libros de Fundesco

1. La investigación y la tecnología en el mundo actual

1.1. SIGNIFICADO E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION Y LA TECNOLOGIA

Si, para iniciar un tema tan sugestivo como el enunciado, afirmásemos que la investigación y la tecnología tienen una importancia capital en la estructura, organización y previsible evolución del mundo actual, casi nadie dudaría de la pertinencia de semejante tautología. Sin embargo, tal afirmación, no por obvia o manida, es adecuadamente entendida en todas sus consecuencias y aceptada, en la medida en la que debe inducir a la consciente reflexión y posterior reacción, por parte de todos los organismos, instituciones e individuos directamente afectados por ella.

Para delimitar, con un poco más de precisión, lo que implica esa importancia capital a la que hacíamos referencia, puede ser instructivo observar la acumulación de tecnologías de profundo impacto social en los años más recientes de nuestra historia. Así, por ejemplo, tenemos que hace sólo 20 años que se produjeron los primeros circuitos integrados; 28 años que se inició la era espacial; 38 años del descubrimiento del DNA; 40 años de la primera explosión atómica y de la invención del transistor; unos 50 años del primer calculador electrónico; 82 años del primer vuelo con motor; casi 100 años de la luz eléctrica; algo más de 100 años del teléfono, y alrededor de 150 años desde la invención del telégrafo. Esta acumulación resulta aún más elocuente si estos tiempos se comparan con los diez siglos de languidecimiento de la Edad Media, los 7.000 años de historia registrada o los varios millones de años de evolución humana. Se necesitaría un potentísimo microscopio para poder distinguir esta asombrosa fracción de la historia de la humanidad en el calendario cósmico.

Lo que no cabe duda es que nos encontramos ante un periodo especialmente intenso de dicha historia en el que la tecnología vive un régimen de especial aceleración. Los avances en campos tan diversos como biotecnología, materiales, ordenadores, robótica y microelectrónica nos arrastran más rápidamente que nunca, abriendo puertas de oportunidades y destruyendo barreras de complejidad que superan las imaginaciones más volcánicas de hace sólo una generación.

Estas nuevas tecnologías conducen a nuevos productos y procesos industriales y afectan nuestra forma de vivir, trabajar y divertirse. En todo el mundo avanzado la mayoría de los profesionales y los gobiernos han reconocido la importancia clave que estos desarrollos científicos y tecnológicos tienen en el crecimiento económico y están procediendo a actuar en consecuencia, diseñando negocios y estrategias económicas que se apoyen en estos mercados fulgurantes de la alta tecnología.

Una característica interesante del avance rápido y, a veces, imprevisto de estas nuevas tecnologías es la fuerte interdependencia que existe entre las mismas y, como consecuencia, el efecto multiplicador que las repercusiones de los avances en una tecnología tienen sobre ella misma o sobre otras. Esta característica es claramente apreciable en el fenómeno informático-microelectrónico, donde los avances en los ordenadores permitieron su uso

para el diseño de circuitos electrónicos. Este uso, unido a los avances en materiales semiconductores y en técnicas de fabricación microscópica, asimismo apoyadas en el uso del ordenador, permitió hacer circuitos más potentes y rápidos, los cuales generaron a su vez ordenadores más capaces que permitieron diseñar circuitos más complejos, y así sucesivamente.

Tales avances tecnológicos están, por otra parte, produciendo un proceso de redistribución industrial y de servicios que genera, a su vez, una reestructuración del mercado de trabajo. En efecto, en un mundo en el que las tecnologías sofisticadas y avanzadas de hace unos años, como las industrias manufactureras, han dejado de serlo, para transformarse en procedimientos rutinarios que pueden ser ejecutados con conocimientos transportables y máquinas transportables por trabajadores que reciben salarios bajos, es muy difícil pensar que, siguiendo una estructura de mercado libre, esas industrias queden bajo las fronteras de países avanzados con salarios más altos.

Para ser competitivos y mantenerse a un alto nivel, los países avanzados deben estar constantemente evolucionando hacia nuevas industrias que mantengan la alta productividad de los trabajos. En el momento presente esta evolución se dirige hacia las industrias de alta tecnología o las de servicios. Por otro lado, y tal como veíamos antes, la introducción de nuevas tecnologías, y la obsolescencia de otras, es tan rápida en la actualidad que los industriales y gobiernos afectados han tenido que cambiar sustancialmente sus tradicionales formas de actuar. La planificación tecnológica, el valor de la información y la importancia de la investigación y desarrollo han comenzado a adquirir gran importancia.

Así como se ha dicho que la mayoría de los países industrializados están estableciendo políticas o programas enfocados, directa o indirectamente, a influir sobre el proceso de innovación industrial y el desarrollo tecnológico, los empresarios, por su parte, conscientes del gran riesgo y costes que la dinámica actual conlleva, han optado por dos soluciones no autoexcluyentes:

1. Superar recelos competitivos y asociarse para compartir los riesgos y dinamismo de una investigación y desarrollo (I+D) precompetitiva, es decir, previa y necesaria a todo proceso de introducción de nuevos productos.
2. Solicitar de los gobiernos mayores porcentajes de ayuda en las tareas investigadoras y una clara mejora y adecuación de los sistemas educativos, científicos y de actualización que permita a la industria arraigar sobre terreno abonado.

Una toma de posiciones en este sentido, iniciada por las industrias y gobiernos de los países avanzados europeos como respuesta a un esfuerzo similar, y previo, japonés y al patente desfilase con EE.UU., ha adquirido tal importancia que ha motivado, incluso, una reacción institucional en EE.UU. que la ha considerado amenazante para su indiscutido primer puesto mundial. De esta forma el Departamento de Comercio de EE.UU. encargó un estudio al Instituto Tecnológico de Massachusetts, finalizado en enero de 1979, que, superando la aversión, tan propia del sistema americano, hacia casi todo tipo de intervencionismo gubernamental, recomendaba actuaciones como las siguientes (citamos):

– Iniciar un gran programa de apoyo, tanto para la industria como para las

- universidades, para el desarrollo de tecnología ampliamente aplicable a la industria (previa a los productos y al desarrollo de procesos).
- Crear y subvencionar parcialmente un amplio sistema de asociaciones de investigación industrial para ayudar en el desarrollo de tecnología y suministrar servicios, consejos e información técnica a las empresas.
 - Suministrar un apoyo parcial (en posible colaboración con los gobiernos estatales locales) a un extenso sistema de institutos de investigación, en algunos casos adjuntos a las universidades, para conectar la ciencia con las amplias necesidades industriales (*) (similar a los de la Sociedad Max Plank en Alemania).
 - Mejorar el clima para nuevas inversiones capital-riesgo, por medio de cambios en el sistema fiscal y suministro de subsidios a inventores privados y pequeñas empresas en las primeras etapas de alto riesgo.
 - Ampliar y desarrollar un sistema más completo para anticipar los desplazamientos y cambios industriales y apoyar más fuertemente la reconversión y reubicación de trabajadores.
 - Mejorar las técnicas reguladoras que impulsen la innovación que se necesita para reducir los efectos perjudiciales de la actividad industrial.
 - Sin programas de este tipo es poco probable que se pueda ser dinámico e innovador y competir con la industria de otras naciones desarrolladas.

1.2. EL DESARROLLO TECNOLÓGICO Y EL ENTORNO INTERNACIONAL

Es evidente que los resultados del avance de la ciencia y la tecnología han tenido efectos dramáticos en el proceso de reestructuración de las naciones y de los asuntos internacionales, sobre todo en los 40 años desde la Segunda Guerra Mundial. La aviación, los satélites de comunicaciones, las medidas de sanidad y salud, los misiles, las armas nucleares, la producción automatizada, la radio y la televisión, la mecanización de la agricultura y el aumento de rendimiento de las cosechas, son posibles ejemplos de los efectos de la tecnología y de la revolución profunda que ésta ha originado en las relaciones humanas.

Los asuntos internacionales se han visto grandemente influenciados por la diferente capacidad de las naciones para llevar a cabo y capitalizar los resultados de I + D. El ritmo de industrialización de las sociedades tecnológicas ha intensificado sobremanera las relaciones de dependencia entre las naciones, haciendo que muchas de ellas, incluso entre las que se denominan avanzadas, se encuentren en crítica dependencia de otras en cuanto a recursos, información, capital, mercados y tecnología.

Los factores geopolíticos que tradicionalmente han constituido el núcleo de las relaciones internacionales se han visto sustancialmente alterados o potenciados por los avances científicos y tecnológicos. Estos factores incluyen ahora de forma preponderante la competencia de un sistema educativo, y sobre todo de la capacidad en I + D, los mecanismos de captación y adaptación de las nuevas tecnologías, las posibilidades de desarrollo pro-

(*) Obsérvese que esto se propone en el país con el mejor sistema de relaciones y colaboración universidad-industria conocido.

Los países industrializados ante las nuevas tecnologías

pias, los sistemas de comunicaciones, por no citar la capacidad de la tecnología armamentística y de la vigilancia electrónica.

Los resultados de la I+D han dado lugar igualmente a nuevas tecnologías de escala mundial, con la consiguiente influencia en los asuntos internacionales, como la energía atómica o la explotación del espacio, o bien han modificado profundamente cuestiones como el intercambio comercial, el transporte o la actividad económica. También de escala mundial pueden considerarse los efectos laterales, o secundarios, del desarrollo tecnológico tales como la repercusión en el medio ambiente, la alteración de la estratosfera o la contaminación de los mares.

Como consecuencia de todo ello la tecnología aparece cada vez más como valor de importancia estratégica y factor crítico en la generación de nuevas industrias. Por este motivo se ha puesto en marcha una intensa actividad de competición internacional que ha llevado a muchos gobiernos, tal como mencionábamos en el apartado anterior, a desarrollar programas nacionales y estimular el desarrollo tecnológico en áreas seleccionadas, y catalogadas como básicas, para fortalecer el desarrollo económico del país en cuestión. El ejemplo del éxito japonés en este sentido está en el origen de este tipo de actuaciones.

Simultáneamente a esta clase de acciones más nacionalistas, se están poniendo, asimismo, en marcha otro tipo de acciones de carácter más internacional y de superación de fronteras. La escala de las necesidades que muchas tecnologías demandan en cuanto a capital, conocimientos de partida, recursos para I+D, tamaño y acceso a mercados y otras, está llevando a las industrias, y más recientemente a los gobiernos de determinadas naciones, a buscar colaboraciones con socios de otros países. Esta tendencia es particularmente evidente en aviación, automoción, comunicaciones y, de forma creciente, en electrónica e informática. Algunos de estos consorcios tienen un tamaño tal que pueden igualar o incluso superar al de los recursos económicos de muchos estados. Si esta tendencia continúa, como parece probable, ello contribuirá a internacionalizar aún más la estructura industrial que se dibuja para las próximas décadas.

Las compañías multinacionales son, ya en la actualidad, un desafío al control y poder de los estados en algunos sectores de la economía. En el futuro esta tendencia inducirá una creciente erosión del control nacional sobre importantes cuestiones políticas y económicas. Conscientes de ello algunos gobiernos, como los integrados en la CEE, han decidido iniciar un papel más activo en esa política de alianzas y poner en marcha programas que favorezcan la asociación de compañías de determinado entorno geográfico, para asegurar los beneficios nacionales de las tecnologías que se desarrollen, a la vez que poner ciertas condiciones a la actividad de algunas multinacionales en sus respectivos territorios.

En el centro de esta doble tendencia, nacionalista e internacionalista, está el hecho de que muchos sistemas nacionales, aviación, comunicaciones, observaciones meteorológicas, actividades bancarias y financieras, correos y telégrafos, son básicamente sistemas de información que requieren interacción con sus homólogos de otros países. El desarrollo espectacular de los sistemas basados en la información ha comenzado a romper barreras diferenciales, por ejemplo entre correo postal o electrónico, transferencia de información o actividad bancaria, cambiando la perceptibilidad de los cálculos económicos de costes y beneficios. Como consecuencia de ello co-

mienza a surgir la controversia sobre la reserva o secreto de la información, el acceso a esta información a través de las fronteras, el diseño y uso de los grandes archivos, la naturaleza transnacional de las economías de escala, y cuestiones similares.

También de crucial importancia son todos los aspectos relacionados con los efectos culturales de las nuevas tecnologías, en especial las tecnologías de la información, y que son difíciles de predecir en estos momentos. Asimismo son importantes las implicaciones en el sistema internacional de cuestiones como: las necesidades energéticas, los desarrollos y requisitos agrícolas y alimentarios, los problemas del medio ambiente, los efectos del crecimiento de población y la emigración desde economías con fuerte desempleo, el cambio de las dependencias en cuanto a recursos, las implicaciones de la biotecnología, y muchos otros que podríamos seguir enumerando.

Ante esta situación se revela de fundamental importancia la capacidad y habilidad de los gobiernos para entender, planificar y enfrentarse con estos desarrollos. El acoplamiento de los factores científicos y tecnológicos en el proceso de fijación de políticas y de toma de decisiones no ha sido siempre llevado a cabo de forma adecuada y eficiente en muchos países. En la mayoría de los casos este desacoplamiento ha supuesto la ausencia de las cuestiones tecnológicas, y su interacción con los asuntos económicos y políticos, de las actuaciones gubernamentales y, en otros, un inadecuado asesoramiento obtenido de expertos parcialmente sesgados en sus conocimientos e intereses. La ausencia de la necesaria sensibilidad hacia estos temas y, como consecuencia de ello, la carencia de los oportunos mecanismos asesores y de acción, es el principio de estos desajustes. El problema es importante y, por ello, se observa un proceso generalizado de mentalización en el sentido de su resolución. Proceso que pasa ineludiblemente, de acuerdo con los testimonios de que se dispone, por la aceptación de que sólo con una adecuada planificación tecnológica se puede hacer frente a un entorno en rápido cambio científico y técnico.

1.3. LA FORMACION DE INVESTIGADORES. FACTOR CRITICO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO

Si, como hemos expresado, la única forma de enfrentarse al proceso de cambio científico y tecnológico es una adecuada planificación tecnológica, parece igualmente claro que la puesta en práctica de cualquier tipo de plan, requiere, inexcusablemente, la existencia de las "fuerzas humanas" necesarias para evitar que el establecimiento de objetivos quede reducido a un juego de salón.

Una estrategia tecnológica queda abortada sin la existencia de los instrumentos necesarios para su puesta en práctica. Si además tenemos en cuenta que, cualquiera que sean las prioridades tecnológicas establecidas, existe necesariamente una etapa de adquisición y dominio de las nuevas técnicas, previa al proceso de innovación, la formación tecnológica se configura claramente como uno de los factores clave de todo el proceso de cambio. Si, por otra parte, se analizan los ejemplos de las naciones que han cruzado ya el umbral de dicho cambio, pocas dudas pueden existir de la urgente

necesidad de preparar a las próximas generaciones con el fin de extender las fronteras de la ciencia y la tecnología y descubrir nuevas aplicaciones de las tecnologías actualmente emergentes.

Por estas razones, los centros de formación tecnológica que deben ser el origen de nuevas capacidades intelectuales, de nuevas ideas y de nuevas aptitudes ante el cambio tecnológico, tienen planteado un reto de enorme trascendencia, especialmente en dos direcciones:

- La necesidad de *formar técnicos* adecuados para las necesidades que se van a presentar a las empresas, ante el cambio que suponen los planes de desarrollo tecnológico.
- La necesidad de *formar investigadores y educadores* en los nuevos campos tecnológicos. Medida ésta que es inseparable del desarrollo de proyectos de I+D a medio y largo plazo, ya que de lo contrario se reduciría a una formación de investigadores "in vitro".

Cada uno de los países avanzados se ha enfrentado a estos problemas, en consonancia con sus especiales características de tradición y organización administrativa. Por supuesto, ningún sistema puede ser perfecto y, por ello, se ha pretendido dotarlos en general, de una gran flexibilidad para que puedan adaptarse mejor al mundo vertiginoso de la evolución tecnológica.

Mención especial merece el caso de la formación tecnológica en EE.UU. que, además de dar una respuesta a las necesidades internas de la sociedad norteamericana, ha servido, durante décadas y sin ningún género de duda, de foco y de guía para la formación de los mejores científicos y técnicos de todos los países del mundo.

Tras los cambios que ya hemos comentado, consecuencia de la Segunda Guerra Mundial, el sistema de formación tecnológica de EE.UU. es aún más flexible y propenso al ensayo de nuevas soluciones para los problemas que van planteando las tecnologías avanzadas.

En el aspecto de la formación de técnicos específicos para la industria, el sistema norteamericano ensaya nuevos currícula tecnológicos de cuatro años de duración con formación muy práctica y dirigida a objetivos muy concretos.

En cuanto a la I+D, el sistema americano dirige a ese objetivo a los estudiantes que realizan los grados superiores de Ingeniería, siendo la piedra angular del mismo el postgrado de sus universidades del que se han beneficiado cientos de miles de titulados extranjeros, que a su vez han rendido incalculables frutos a ese sistema tecnológico e industrial que les brindó sus estructuras. La formación de graduados mediante su participación en programas o proyectos concretos subvencionados por empresas, consorcios de empresas creadas para el desarrollo de proyectos cooperativos, agencias federales, etc. constituye un vivero permanente y sin igual de futuros investigadores, que en un ambiente interdisciplinario, de labor en equipo y bajo tutela de profesores muy cualificados, son la más firme garantía de capacidad de respuesta a la planificación tecnológica nacional.

Tras la etapa de los estudios de postgrado los investigadores pasan a las empresas, sea para puestos en el campo de la gestión, con una mentalización adecuada a los nuevos tiempos, sea a los centros de investigación. Muchos se incorporan a los laboratorios nacionales y a otros centros de investigación públicos y privados.

En este sistema se cultiva, como en ningún otro, la creatividad tecnológica y se alcanza un grado de adaptación a las nuevas circunstancias, incomparable al de otros países, lo que asegura, por el momento, el indiscutible liderazgo de los EE.UU.

En este sentido basta mencionar como hecho comparativo la diferencia tecnológica respecto a la URSS, a pesar de que EE.UU. cuenta con la mitad de científicos y técnicos dedicados a la Investigación y Desarrollo (en relación con los soviéticos): 1.400.000 en la URSS y 660.000 en EE.UU.

En el caso de Japón, el mecanismo que asegura la producción de técnicos para la industria es una combinación de aportación universitaria y de formación propia en las grandes empresas.

En lo que se refiere a la investigación, el sistema japonés se enfrenta a una seria crisis, cuya resolución puede influir en el futuro tecnológico del país. Tradicionalmente los técnicos superiores japoneses han estado más enfocados a la adaptación tecnológica que al desarrollo de investigación fundamental propia, que, en muchas ocasiones, han sustituido por resultados de investigaciones desarrolladas en otros países, especialmente en EE.UU.

Para mantener y mejorar la situación de liderazgo tecnológico conseguida, Japón ha de incrementar su cuota de investigación básica, en especial aquella que, por motivos económicos, no parezca razonable realizar en las empresas. Esta dificultad, sin embargo, no parece insalvable. El mecanismo de los grandes proyectos nacionales apoyados en la magnífica red de Centros de Investigación Aplicada del MITI (Ministerio de Comercio Internacional e Industria) y la actitud de los grandes gigantes de la industria japonesa son factores positivos hacia un nuevo estilo de investigación.

La reacción del MITI en el caso de la Quinta Generación de Computadores, con la creación del ICOT (Instituto para la Tecnología de la Nueva Generación de Computadores) a partir del Laboratorio Electrotécnico de Tsukuba, como proyecto cooperativo de investigación entre el gobierno y la industria, es un indicativo muy claro del nuevo camino que se intenta.

Por otra parte, sería equivoco suponer que el problema fuera de escasez de técnicos preparados. La materia básica de los graduados japoneses es la correcta y se trata sólo de un problema de reorientación e impulso en los estudios de postgrado. Con la mitad de la población de EE.UU., Japón grada un 34% más de ingenieros per cápita que los EE.UU., sin embargo el número de doctorados es sensiblemente inferior, y es sobre este cualificado grupo sobre el que se sustenta la mayor parte del éxito americano.

En relación con el número de técnicos, y aunque sólo sea una medida relativa y por supuesto discutible, de la capacidad de creación de nuevas tecnologías, es significativo que entre EE.UU., Japón y la Unión Soviética cuentan con las dos terceras partes del total mundial de técnicos dedicados a I+D.

En lo que respecta a Europa, heredera de una tradición universitaria secular, el mosaico de respuestas al problema de la formación tecnológica es similar al de soluciones en otros órdenes institucionales. En el Reino Unido el sistema universitario cuenta con la existencia de un aceptable programa de postgrado, lo que facilita el lanzamiento de programas nacionales apoyados en dicho sistema, si bien existe hoy en día una falta de técnicos en los nuevos campos tecnológicos que trata de subsanarse con programas de adaptación tecnológica.

En Francia, además del sistema universidad-CNRS, (Centro Nacional de Investigaciones Científicas), existe un conjunto de centros nacionales, con frecuencia de carácter interministerial y recientemente coordinados por el nuevo Ministerio de Investigación y Tecnología, que constituyen la espina dorsal de los proyectos a largo plazo, que a su vez son los factores que impulsan la creación de los núcleos de investigadores.

En Alemania, sin la centralización estatal del caso francés, existe asimismo, junto al sistema universitario y las escuelas técnicas superiores, un conjunto de centros y sociedades, muchos con organización de tipo fundación, que gestionan, en colaboración con el Estado, los grandes programas de I+D que dan origen a un conjunto de investigadores de primera línea. Estos centros y organizaciones, en colaboración permanente con el BMFT (Ministerio Federal de Investigación y Tecnología) son una garantía para la ejecución de los planes de I+D en nuevas tecnologías.

En muchas ocasiones, y por las tradiciones más especulativas de la universidad europea, estos centros se encuentran más apartados de las necesidades de la industria que los de EE.UU. y Japón.

Por ello, situados ante la adaptación tecnológica que supone la entrada en la era de las nuevas tecnologías, el reto europeo es quizás mayor, porque la posibilidad de ser competitivos requiere detener, de alguna manera, la erosión de la capacidad tecnológica europea ante el empuje de EE.UU. y Japón, que se mueven en órdenes de magnitud muy superiores. Francia, por ejemplo, que tiene una población de un 25% de los EE.UU. sólo alcanza el 11% en cuanto a técnicos e investigadores.

El caso de España presenta dificultades adicionales a las señaladas, en general, para los países europeos. El sistema de formación tecnológica no está produciendo en estos momentos el número de técnicos necesarios para atender las demandas de las empresas españolas y, por otra parte, la escasa capacidad docente de la universidad impide forzar el número de graduados sin bajar peligrosamente el nivel técnico de los mismos.

En relación con la I+D, el tercer ciclo, al menos en los centros de formación técnica, tiene un marcado carácter académico y en la práctica la industria no valora apenas el título de doctor. El número de titulados que realizan el doctorado es muy bajo en comparación con otros países.

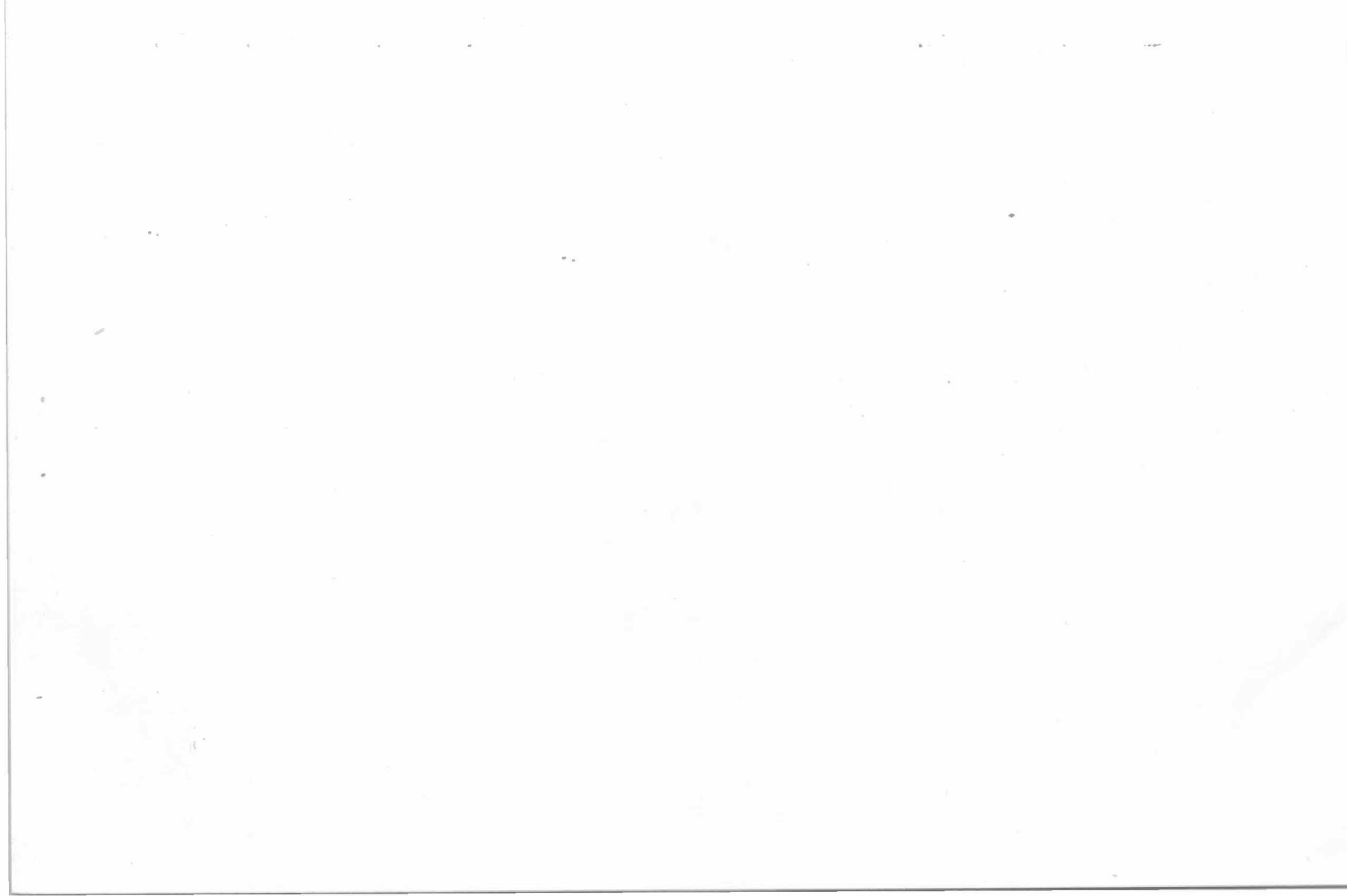
De acuerdo con unas recientes estadísticas referidas a los campos científico y tecnológico, se dan las siguientes cifras de científicos e ingenieros dedicados a la I+D:

Alemania	122.000
Francia	73.000
Gran Bretaña ...	87.000
EE.UU.	661.000
Japón	463.000
URSS	1.411.000

En España los últimos datos arrojan un número de unos cuatro investigadores por 10.000 habitantes. Si aceptamos esta cifra, a falta de estadísticas más fiables, llegaríamos a contar en todos los campos de la investigación con unos 16.000 investigadores y, aun suponiendo que todos estuvieran en los campos de la I+D, la más elemental regla de tres exige de una des-

cripción de la gravedad del problema frente a cualquier intento de planificación tecnológica. Todo ello sin entrar en consideraciones de calidad, orientación y medios materiales puestos al servicio de la comunidad tecnológica española.

Por todo ello podría sorprender, a veces, el anuncio de planes nacionales de I + D sin una iniciativa correspondiente en el aspecto de formación tecnológica que creara los técnicos necesarios para asegurar, con realismo, su efecto en la sociedad.



Introducción

En un mundo en el que las tecnologías se constituyen en factor clave para el desarrollo de las economías y de la vida social de la mayoría de los países, al menos de los encuadrados en el conjunto de países avanzados, puede resultar difícil, cuando no arriesgado, profetizar cuáles del amplio abanico de tecnologías en evidente progreso, van a tener un impacto mayor o van a incidir sobre aspectos más sensibles de esas economías y formas de vida.

Sin embargo, si se analizan esfuerzos similares y previos realizados recientemente en otros países, resulta evidente la existencia de un invariante que aparece repetido de forma casi sistemática en cualquier intento de proyección. Nos estamos refiriendo a las llamadas Tecnologías de la Información (compuestas por el trío Microelectrónica, Comunicaciones e Informática), la Biotecnología y la Tecnología de los Nuevos Materiales. La primera y la última no sólo por su realidad presente y su importancia en sí mismas, sino por su repercusión y aplicaciones en otro gran número de tecnologías. La central, es decir la Biotecnología, por lo que representa de futuro, de potencialidad, de incidencia, sobre campos como la biología, la medicina, la agroalimentación, tan cercanos a los estados de la vida humana.

Las *Tecnologías de la Información* (TI) abarcan técnicas, instrumentos y métodos que permiten obtener, transmitir, reproducir, transformar o combinar datos y señales. Más del 50% de los sectores económicos se ven afectados directamente por estas tecnologías y el resto de una forma indirecta. Las industrias y servicios directamente basados en las TI son comparables, en tamaño y en valor añadido, a los del automóvil y el acero, y su crecimiento es superior (8 a 10% anual) al de cualquier otro sector.

Con adecuadas para economías con un coste en alza del factor trabajo, por sus grandes posibilidades de aumentar rendimientos y reducir costes. Contribuyen de manera sustancial al potencial exportador y tienen pocos requisitos en cuanto a consumo de energía, materias primas y recursos no renovables, aunque necesitan de "materia gris" y personal experto y cualificado. Tienen una inculdable importancia estratégica, tanto desde el punto de vista militar y de seguridad nacional, en cuanto a soporte de los aparatos del estado, administrativo y otros se refiere, como de soporte y potenciación de la industria en general.

El término *Biotecnología* en sentido amplio, describe todo un conjunto de técnicas que utilizan organismos vivos, o sus componentes, con fines industriales. La Biotecnología clásica tiene su núcleo principal en la fermentación, mediante la que se realiza la producción en masa de microorganismos, seleccionados de fuentes naturales y que son desarrollados, en sus características productivas, con arreglo a técnicas clásicas de mutación al azar y métodos de selección. La Biotecnología moderna busca nuevos métodos de desarrollo de microorganismos industriales y nuevas tecnologías de producción, a través de la llamada ingeniería genética y de la fusión celular.

La evolución biotecnológica actual tiene repercusiones tanto en el desarrollo de nuevos sistemas productivos (nuevos microorganismos con capacidades antes inexistentes) como en las propias técnicas de producción, siendo muy importantes sus repercusiones en las industrias alimentaria, farmacéutica, química y energética, así como en la recuperación microbiológica de minerales y chatarras, y en la biodegradación y purificación de aguas.

Sólo en el área farmacéutica se estima un volumen de negocios de más de 8.000 millones de dólares para el año 2.000.

En cuanto a la *Tecnología de los Materiales* es bien conocido que, en el pasado, los progresos de la Humanidad hacia sociedades cada vez más industrializadas han ido siempre ligados al descubrimiento de nuevos materiales y a la invención de nuevos procedimientos de extracción y fabricación de los mismos. Tal parece que seguirá siendo también la constante en el futuro, al menos a corto y medio plazo.

Hoy se habla con frecuencia y a niveles muy diversos de energías alternativas, "blandas" y "duras", y de la segunda revolución informática. Comparadas y países tienen puesto en ello esperanzas de mejora y supervivencia. Las viabilidades, sin embargo, técnica y económica de tales empresas vienen limitadas actualmente, en la mayor parte, por el desarrollo de nuevos materiales, razón por la cual países como EE.UU., Japón y otros han puesto en marcha los oportunos programas de Investigación y Desarrollo.

El elevado nivel tecnológico en semiconductores ha supuesto para EE.UU. el liderazgo en la industria informática y una cuota sustancial en un mercado multibillonario. Perspectivas similares pueden esperar, en un futuro inmediato, quienes consigan los desarrollos de las cerámicas, polímeros y semiconductores de alta tecnología que se requieren para la integración a muy alta escala.

En el caso de los materiales estructurales para elevadas temperaturas las expectativas de negocio para las empresas de automóviles y para las que fabrican reactores aeronáuticos son, por razones claras de competencia en el mercado, muy altas, pero sobre todo la consecución de materiales resistentes a altas temperaturas constituye una necesidad imperiosa para los países desarrollados o en vías de desarrollo que buscan tecnologías avanzadas de conversión de energía como la magnetohidrodinámica y otras. Los materiales reforzados con fibra son de gran importancia en las industrias aeronáuticas y automovilísticas, por razones una vez más de consecución de mayores cuotas de mercado, y para los usuarios en la industria del transporte como consecuencia del ahorro que puede suponer la reducción de pesos unitarios. Asimismo el desarrollo de nuevos materiales resistentes al medio ambiente, u otros más sofisticados como las fibras ópticas ultraclaras, son de gran importancia en comunicaciones.

Junto a estas tecnologías suele añadirse, a continuación, otra serie de ellas que varían, dependiendo del país y del momento en que la selección ha sido hecha. Entre las mismas suelen aparecer de forma asidua las tecnologías energéticas, la aeroespacial, la del automóvil y otras. Por su especial importancia en un país de escasos recursos naturales, como España, y por su clara significación como factor de gran valor estratégico, nos parece oportuno añadir como cuarta tecnología, para su análisis y discusión en estos Encuentros, la Tecnología Energética.

La situación actual de las *Tecnologías Energéticas* puede interpretarse como el resultado de un proceso de cambio impulsado fuertemente en la década de los años 70, en el que intervienen mecanismos de ajuste económico a corto plazo y mecanismos de innovación y maduración tecnológica a largo plazo. Así, las tecnologías tradicionales basadas en el aprovechamiento de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) tienen aún un peso predominante en la estructura de abastecimiento energético, mientras que la adecuación de estas tecnologías a los diferentes procesos de producción

de bienes y consumo final está ligada básicamente a efectos de sustitución económica.

Existe el reconocimiento unánime de que las tecnologías basadas en combustibles fósiles son tecnologías de transición, si bien la duración del actual período de transición (del orden de decenas o quizá una centena de años) esté sujeta a grandes incertidumbres relativas al agotamiento de combustibles fósiles y a la maduración de nuevas tecnologías energéticas.

En contraste con el pasado inmediato, los desarrollos tecnológicos en la producción de energía no muestran una tendencia a la disminución de costes unitarios en términos reales. Este cambio de tendencia histórica constituye, quizás, la verdadera dimensión de la denominada crisis de la energía.

La penetración de tecnologías energéticas de producción descentralizada (cogeneración de electricidad y vapor de proceso en la industria, aerogeneradores, células fotovoltaicas, etc.) tiene actualmente una incidencia económica cuantitativamente pequeña, pero cualitativamente apreciable ya que está rompiendo la estructura monopolística del mercado de electricidad.

En la actualidad, el desarrollo de las tecnologías energéticas persigue dos objetivos fundamentales y, a la vez, complementarios:

- La mejora de las tecnologías básicas bien desarrolladas comercialmente y el incremento de productividad energética de los procesos industriales, para que la transición a una estructura no dependiente de combustible fósiles se pueda llevar a cabo sin graves distorsiones económicas o de abastecimiento.
- La puesta a punto de tecnologías no dependientes de recursos fósiles, como fusión nuclear, aprovechamiento de la radiación solar y explotación de yacimientos geotérmicos, que constituirán la estructura energética del futuro a medio y largo plazo.

Estas cuatro tecnologías, es decir las de la Información, Biotecnología, Materiales y Energía, son presentadas a continuación atendiendo al objetivo de ofrecer una plataforma mínima que permita al profano conseguir una cierta familiarización, tanto con la terminología y conceptos fundamentales que se manejan en las mismas, como con sus influencias, repercusiones, incidencias económicas, proyectos de investigación, etc. El contenido de las siguientes secciones no debe considerarse, por supuesto, exhaustivo en cuanto a tales objetivos, sino más bien como un punto de partida para posteriores lecturas y una referencia próxima que ayude a ceñir las cuestiones en discusión.

Cada una de las tecnologías ha sido tratada, organizativamente, de forma diferente, pues diferentes son tanto sus objetivos como sus medios y los entornos en los que se desenvuelven. Así, por ejemplo, en Biotecnología ha parecido oportuno hacer una descripción de las técnicas y experimentos que se llevan a cabo, mientras en Energía se ha puesto más énfasis en los problemas de gestión, rendimiento e intercambio de las diferentes formas de obtención de la energía.

Esperamos que esta ligera diversidad de tratamiento contribuya a mostrar más claramente la diferente idiosincracia de cada tecnología. Para mayor comodidad del lector se ha decidido completar estos trabajos de exposición con unos glosarios de términos y conceptos que se incluyen al final de cada uno de sus respectivos capítulos.

NEW TECHNOLOGIES AND DEVELOPMENT

Experiences in
"Technology Blending"

edited by
A. S. Bhalla and Dilmus James

*A study prepared for the International Labour Office
within the framework of the World Employment Programme*

Lynne Rienner Publishers • Boulder/London

New Technologies and Old Debates

N. Rosenberg

The economic significance of new technologies to the development process must necessarily be built upon detailed, empirical studies of actual instances. But what is also necessary, and much more difficult, is a firmly disciplined projection of how newly emerging technologies might be profitably installed in specific economic and social contexts. Although microeconomic studies of actual experiences are an essential starting point, the potential *future* benefits inevitably involve at least some extrapolation beyond what is known or possible at present. It is important, however, to distinguish in such exercises between extrapolations that are modest, incremental extensions of technological capabilities that already exist, and extrapolations that presuppose drastic cost reductions or performance improvements of a kind that cannot be teased out of existing technologies.

Only very recently the subject of new technology applications has begun to receive an extended empirical treatment. This treatment¹ now provides a basis for asking whether empirical evidence available so far supports the view that technology is indeed an important source of opportunities for economic improvement in poor countries. This chapter will also attempt to determine the possible limits and constraints that may be associated with such an approach, and the useful future research directions.

It is now widely accepted that the prospects for a substantial improvement in economic welfare in developing countries depend upon the successful incorporation and exploitation of more effective technologies than are presently available in those countries. Thus, critical issues with respect to the economic future of developing countries are now perceived to turn upon their ability to select more efficient technologies for introduction into their economies and the conditions that determine the successful outcome of such undertakings.

It is not difficult to see why the transfer of technologies from advanced

countries to developing countries should currently be receiving so much attention. There is, first of all, a widespread perception that the rate of technological change is very rapid in industrialized countries. There is, moreover, substantial evidence that new and improved technologies are being transferred more rapidly than ever before from one industry to another *within* the major industrialized countries, and also that new technologies are being transferred *between* industrialized countries with greater speed than previously. In addition, it is widely believed that we are in the midst of an industrial revolution—a revolution that will transform the nature and the productivity of the economy as much as the steam engine, electrification, and the internal combustion engine did in earlier generations. The present, ongoing revolution is electronics-based, with computers and microprocessors becoming truly ubiquitous?, but we are also in a much earlier stage of a biotechnological revolution that began with the discovery of DNA in the 1950s, with profound implications for areas such as medical care and food production. In addition, further technological revolutions may also be in the offing in such fields as new materials and photovoltaics.

Thus, the present situation is one of dramatic, ongoing technological changes in the industrial world, and a rapid diffusion there of the benefits of these technologies. But it is precisely the failure of these technologies to exercise a major impact in the poorer countries of the world that has called attention to the possibilities for technology blending.

In order to appreciate the potential significance of technology blending for policy formulation in the developing countries, it is necessary to consider it against the backdrop of one central idea that has deeply pervaded most of the discussion of the economic problems of these countries in the past thirty years. This organizing idea is that of dualism or, more precisely for our present purposes, technological dualism.

I. Technological Dualism

Technological dualism calls attention to fundamental differences in the technologies employed by developing countries and those in use by countries that have already undergone large-scale industrialization. As industrialized countries have gone through long periods of growth, their economies have acquired certain very specific characteristics. To some extent, these characteristics are excellent indicators of the success of the industrialization process. Accelerated rates of capital formation have generated large stocks of capital of all kinds—industrial plant and equipment, infrastructural investment, public utilities, roads and railways, educational facilities, residential housing, and an expanding range of consumer durables. At the same time, the successful industrialization that accompanied a decline in fertility has meant much slower rates of population growth and therefore

economies characterized by relative capital abundance and labor scarcity. High rates of capital formation and relative labor scarcity have led also to extensive investment in human as well as physical capital, producing well-educated and skilled labor forces. High educational levels have, in turn, reinforced what has become perhaps the most distinctive feature of twentieth-century industrial growth: its increasing reliance upon, and exploitation of, the fruits of modern scientific knowledge and methodologies.

The very success of this industrial growth has been the creation of societies whose high income levels offered large markets for industrial products. These economies were thus able to devise and exploit technologies involving very large fixed investments as well as highly skilled labor forces. They depended for their success upon extensive markets of affluent consumers in order to justify the economies of large-scale production that had come to characterize much of their industrial plant.

Thus, modern industrial societies have developed technologies whose main features broadly accord with the special characteristics of their historical growth paths. Their technologies reflect an adaptation to conditions of labor scarcity and capital abundance and the exploitation of scale economies that provide low unit costs when the volume of output is sufficiently large, and they have well-educated labor forces that are able to generate new scientific knowledge as well as to exploit it.

There is one further feature that is commonly imputed to this modern technology: it offers negligible opportunity for substitution. In the broadest terms, this proposition states that opportunities for substituting labor in general for capital in general are very limited, but emphasis is also frequently placed upon the inability to substitute unskilled labor for either skilled labor or capital.

The contrast with the situation in developing countries may be quickly delineated: these are the economies where Western industrial technology failed to make a substantial entry, with the exception of the technologies of death control. In the absence of reductions in fertility, which accompanied (with a lag) the reductions in mortality in Western countries, developing countries have become very densely populated. In the few cases where advanced industrial technologies have been introduced, in mining or plantation agriculture or petrochemical plants, these have remained small and isolated enclaves, which have not expanded their impact or generated significant learning effects. The growth in population expressed itself in the agricultural sector and in small cottage industries where considerable opportunities existed for the absorption of more labor into labor-intensive methods of production. Thus, the highly variable technical coefficients of production in the traditional sectors in developing countries have allowed these sectors to absorb a growing labor supply.

These, then, have been the main components of the analysis of technological dualism that have attempted to explain why developing

countries have failed to derive greater benefits from the availability of more sophisticated industrial technologies that already existed and were thus available to them. The argument is that these technologies are appropriate only for large-scale production for high-income markets, and they require extensive use of capital and skilled labor, including sophisticated scientific knowledge. Their rigidly fixed technical coefficients do not permit the substitution of labor, especially unskilled labor, to fit the very different set of factor proportions and factor prices that prevail in developing countries (Figure 1.1). In the industrial sector, technical coefficients are rigidly fixed, and they are capital intensive. Thus, the expansion path is close to the vertical axis. Changes in relative prices do not alter the ratio of capital to labor employed. In the traditional sector, changes in relative prices lead to a more intensive utilization of the cheaper input—shift from A to B on isoquant I. Output growth along the expansion path is responsive to changes in relative prices of capital and labor.

Thus, a central conclusion of the technological dualism view is that the advanced technologies that have been developed by the industrialized countries include a bundle of economic characteristics that were generated in response to the economic conditions of industrialized economies. *Precisely for this reason*, they generally have little relevance or utility in labor-abundant, capital-scarce, low-income economies. In spite of drastic oversimplification, including the neglect of the immense variation in economic conditions among developing countries, the stylized picture captured by the technological dualism hypothesis contains considerable validity. The crucial question, of course, are "How much validity?" and "What constructive measures can be taken to deal with such a reality?"

These questions become even more pressing in view of the extremely modest success of efforts to develop a more "appropriate technology," which would be one that raises productivity by accommodating itself to the present specific needs and endowments of developing countries.

II. Requirements for Successful Technology Blending

It is against this backdrop that the concept of technology blending assumes great potential significance, for it proposes a very different strategy for bridging the gap that the proponents of the technological dualism hypothesis have purported to identify. A critical but promising feature of this approach is that it attempts to identify the conditions that will permit poor countries to derive some of the benefits from the newly emerging technologies *without having first to undergo certain fundamental economic and social transformations*. It does not compile useless and discouragingly long lists of unlikely "preconditions" for successful development. Instead, it poses the question: assuming that traditional societies will remain essentially wedded to

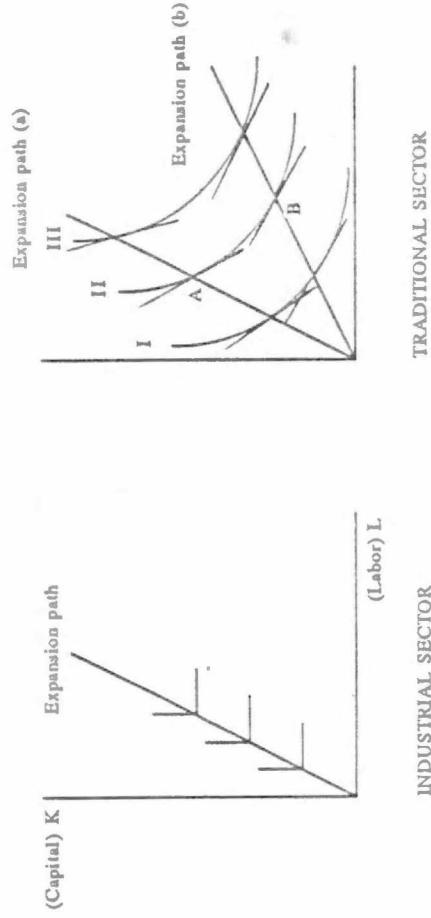


Figure 1.1 Rigid Versus Flexible Factor Proportions

their traditional technologies for the foreseeable future, are there nevertheless significant opportunities for making *selective* use of more sophisticated, science-based technologies? Thus, the central thrust of the blending approach is to determine how newly emerging, R-&-D-intensive technologies can raise the performance of traditional technologies without seriously disrupting them. An approach that indicates directions of progress that does not require, as a precondition for success, numerous *other* complementary changes, is one that is inherently more likely to succeed.

We examine below some of the prerequisites for successful blending.

Availability of Complementary Inputs

Implantation of newly emerging technologies is highly dependent upon the availability of at least certain complementary inputs and capabilities in the recipient country. The nature of these inputs will vary from one new technology to another, and their identification ought to be regarded as a high priority for future research. What is apparent is that there are always some minimal capabilities with respect to the new technology and some kinds of specific input whose availability will spell the difference between success and failure.

This is obvious in what is unquestionably the most spectacularly successful of all blending examples so far: the introduction of high-yielding rice, and later wheat, varieties throughout South and East Asia. This

transformation in the production of foodgrains was dependent, once the new varieties of grain had been developed, upon such complementary inputs as (in the case of rice) the availability of large quantities of nitrogenous fertilizer and the appropriate herbicides and insecticides, extensive systems of water control, as well as changes in planting and weeding practices. But after the initial basic developments at the International Rice Research Institute in the Philippines, the transfer of the new varieties to other countries in the region required some minimal domestic science capability in each recipient country. This was because of the unusual degree of sensitivity of food production to local environmental conditions. Transplantation of rice to new regions required careful attention to altered conditions of topography, soil chemistry, diurnal rhythms, insects and other pests, etc., which in turn required modifications in the original seed varieties.³

Responsiveness of Local Producers

The rapid rate of adoption of both the new rice and wheat varieties also suggests that in developing countries even poor, uneducated people are willing to adopt new and unfamiliar technologies. When a genuinely highly productive innovation becomes available, it will not be rejected merely out of conservatism and hostility to novelty. Indeed, in a period of only ten years (1960-1970), over 70 percent of the wheat acreage in some of the poorest countries of the world (Bangladesh, India, Nepal, and Pakistan) were shifted from the traditional to the modern wheat varieties.⁴ This was faster than the reported adoption rates for hybrid corn in the American Midwest. The essential point in the present context is that the success of blending in agriculture required the domestic availability of certain inputs, and these were successfully provided.

Availability of Domestic Expertise

This situation in agriculture, in which domestic expertise is required because so many of the problems are location-specific, is not unique. It exists in most activities where peculiarities of the resource endowment are likely to play an important role, as in metallurgy or in mining where mineral concentration and complexity are critical variables for both extraction and refining.

Poor countries are often confronted, not just with a single variant of a given, new technology, but with a *smorgasbord* of variants among which choices must be made. The complexity of such choice is compounded, in the case of new technologies, by the fact that these technologies are undergoing continued modification and improvement, and it is extremely difficult to judge which package will eventually prove to be the most efficient.

Thus, intelligent choice among the range of available alternatives may require considerable technical and scientific sophistication. Reliance upon foreign experts and consultants is an obvious and necessary recourse, but foreign experts are notoriously likely to be insufficiently familiar with or sensitive to relevant domestic conditions. More important, they may not possess the necessary expertise, as is the case with chemical engineers who run the bacterial leaching operations of industrial countries but who have little comprehension of the biological processes essential for the application of leaching in developing countries.⁵ Moreover, in the absence of some domestic capability for making such judgments, it is very difficult to recognize and to deal with professional incompetence or conflict of interest.

The use of data generated by remote-sensing techniques from orbiting satellites is a case of technology blending of great potential value in agriculture, water resources, mineral exploitation, and numerous other uses (see Chapter 16). Here the hardware is designed, manufactured, and controlled, at present, by advanced industrial countries and its services made available, on a contract basis, to developing countries which need to provide the "software" in the form of trained technicians to read and evaluate the data generated by remote sensing. This technology is so new that adequate training programs are not yet in place. However, this is due to the sheer novelty of the technology and not to the general deficiencies of the educational systems of these countries. Even countries such as the United States and Japan do not yet have an adequate supply of appropriately trained personnel.

Augmentation of Natural Resources

The functioning of remote-sensing satellites raises an issue that has been touched upon tangentially but never elevated to the position that it deserves. That is, many of the new technologies may have great economic significance to developing countries because they are what may be called "natural resource-augmenting." This is a category not accorded much recognition in the literature on technological dualism, which concentrates almost exclusively on the possibilities of trade-offs between capital and labor. But much technological change expands the supply of natural resources that can be exploited for economic purposes, and this category is of great significance to developing countries.

In *Blending I*, it was shown that by using satellite technologies, the resulting hydrological studies provided opportunities for better "matching" of available water resources with the timing of rice culture decisions, as in West Africa; in addition, remote-sensing data should make it possible to increase the supply of water through the more accurate location of appropriate sites for boreholes and wells. Water supplies can even be located in deserts through remote-sensing techniques. In addition, satellite data can play a major role in

mineral exploitation and the development of fisheries. In the earlier volume, a case dealt with mini-hydroelectric power through the use of an electronic load control device which improved several economic activities in Colombia, Sri Lanka, and Thailand (also see Appendix). Another study was devoted to mineral recovery through bacterial leaching. Case studies in the present volume strengthen the position that technology blending often augments resources. In this regard, the value of remote-sensing in West Africa is reconfirmed (Chapter 16). Water conservation is one of the benefits of laser-guided land-leveling technology (Chapter 15), and in some cases photovoltaic conversion of sunlight can substitute efficiently for nonrenewable sources of energy (Chapters 12 to 14). Smaller remotely located mineral deposits that otherwise would remain unused may become economically exploitable due to new pipeline engineering and microelectronic controls (Chapter 8). Chapter 17 describes attempts by Mexico and Cuba to produce food from single-cell proteins, a process which, if successful, will augment traditional agricultural resources.

III. Earlier Experiences with Substitution

A primary assertion of literature on technology is that there is a far wider latitude for substitution within the industrial sector of developing economies than had been previously believed—or than had been incorporated in the models on technological dualism. It is indeed highly ironic that economists, who have been the traditional repositories of the belief in widespread opportunities for substitution, should have become so wedded to the notion of fixed technical coefficients when they turned their attention, after the Second World War, to the economic problems of the developing countries.

A second major assertion of these studies is that a significant source of substitution possibilities in developing countries is not from the "shelf" of existing, tried technologies but, rather, from the newly emerging technologies of the advanced countries. Here again is an assertion that involves the "unlearning" of an earlier conventional wisdom, which placed great emphasis on the rigidities and constraints that appeared to deny to developing countries access to these technologies. Indeed it is difficult to find any examples of technology blending contained in this volume that do not represent an added alternative somewhere between the extremes of labor intensity of traditional and appropriate technology and capital intensity of total reliance on modern technology. Nevertheless, a large literature has portrayed newly emerging technologies as having specific characteristics that rendered them inappropriate for adoption in low-income, labor-abundant economies: substantial scale economies, rigidly fixed technical coefficients of a specifically capital-intensive nature, reliance upon a highly skilled labor force, etc. One wonders why these alleged substitution possibilities were not discovered before.

The answer, of course, is that they were discovered before. In part, technology blending calls attention to events that have been going on, at least to a limited extent, for a long time, but without capturing the attention of that group of development economists who were preoccupied with stylized economic models that specifically introduced forms of technological rigidity and inflexibility as dominant aspects of their analytical frameworks. All latecomers into the industrialization process (i.e., all presently industrialized countries except the United Kingdom) have adopted new technologies in a highly selective way, often including what were, at the time, the most advanced technological options.⁶ The Japanese experience has been particularly instructive in this respect. When the Japanese began to adopt Western technology after the Meiji Restoration (1868), they did so in a highly discriminating fashion, never simply introducing entire technological systems in a wholesale manner. In textiles, although they did indeed adopt the most recent spinning machinery, old-fashioned, labor-intensive cottage industry techniques continued to be employed in cotton weaving. Even where modern equipment was introduced, it was *operated* in a more labor-intensive fashion. The Japanese introduced cheaper raw materials into production, as in the case of cotton spinning, but then added more labor to each spinning machine to handle the increased incidence of broken threads. Furthermore, once Western machines were installed, they were serviced and maintained more frequently, as well as operated more intensely by the introduction of two-shift systems. Similarly, after the Japanese constructed a railway system they employed nineteen workers per mile of track compared with only seven workers in the United States.⁷

In the case of Soviet metalworking, Granick has pointed out that while adopting Western technology, the Soviets did so in a manner designed to reduce capital requirements. In part this involved the selection of general-purpose rather than special-purpose machinery. Furthermore, they did not introduce available machinery in a number of individual processes but retained such older, more labor-intensive technologies as manual moulding and hand assembly tools. Moreover, even when introducing a highly capital-intensive process, very little substitution of capital for labor was introduced in auxiliary operations such as materials handling, inspection, repair work, clerical and bookkeeping work.⁸

Similar kinds of "capital-stretching," labor-intensive adaptations could be enumerated from the industrial experiences of the Republic of Korea, and Taiwan, China, in the past thirty years in such industries as electronics, plywood, and textiles.⁹ These experiences underline two critical points with respect to the transfer and adaptation of advanced industrial technologies to developing countries. The first is that it is often possible to exercise a considerable degree of selectivity from the available menu of advanced technologies. The second is that it is a serious mistake to assume a rigid association between a given piece of industrial hardware and a particular factor

intensity. In some instances, the hardware itself will dictate a narrowly defined range of factor proportions, with little opportunity for substitution. Petroleum refineries (and other chemical processing industries) do indeed offer small scope for substitution. Nevertheless, the earlier history of industrial latecomers and the more recent remarkable experiences of the Republic of Korea, and Taiwan, China, suggest very strongly that there are innumerable opportunities for adapting Western technologies to the very different economic endowments of developing countries—in particular for achieving more labor-intensive adaptations of methods employed in advanced industrial countries.

IV. Employment Impact of New Technologies

Of course, the above observations raise the very central question of what will be the eventual employment impact of new technologies. The individual case studies are, properly, concerned with the implications for employment that will flow from the adoption of these technologies. Such data are, indeed, badly needed, and additional data from individual industrial establishments would be extremely valuable. However, it also needs to be recognized that, in a highly interdependent world, one does not even begin to exhaust the employment impact of a new technology by focusing solely on the individual establishment adopting the new technology. Firm X, producing steel, may adopt a new cost-reducing process that lowers the size of its staff by 20 percent. Cheap steel, however, may increase employment in steel-using industries (e.g., automobiles, shipbuilding, office equipment) by far greater amounts, so that the total employment in the economy grows substantially as a result. Moreover, even at the level of the individual firm, the eventual impact of a cost-reducing innovation on that firm's employment will depend upon the elasticity of demand for the product. If that demand is sufficiently elastic, the impact will be to raise employment for the firm, not to lower it.

The trade-off between direct and indirect employment is well illustrated by Chapter 15 on laser levelling of land which recognizes that the new technology would displace labor engaged in conventional land-levelling methods. But it shows that in the particular case of Egypt, agricultural mechanization was a response to a labor shortage caused by rural-to-urban migration as well as migration of skilled workers to other countries. Equally important, it demonstrates that the *indirect* employment generation in agriculture is likely to more than compensate for the *direct* loss of employment.

Wherever products are traded in international markets, failure to adopt new cost-reducing technologies on the grounds that they are labor saving is more than likely to be self-defeating. Retention of the old technology may well result in a reduction in domestic employment. If one is concerned with

the ultimate employment impact of a new technology, such secondary employment effects must be taken into account—or at least recognized—since, for the economy as a whole, they will often swamp the primary employment effects. Furthermore, one should scrupulously avoid the implicit identification of the term "labor saving" with "employment reducing." In addition, in addressing the employment effects of new technologies, if one deals with internationally traded products, failure to adopt new cost-reducing technology will not have favorable domestic employment effects under any plausible set of circumstances except under extremely protectionist measures. Sufficient attention has not been given to this international economic context.

Obviously, employment impact depends on many variables, not just new technologies that are becoming available at any particular time. In particular, possibilities for increasing the labor intensity of all productive processes in developing countries may be frustrated by other policies that reduce the incentives of employers to move in that direction. Judging the employment impact of specific technologies involves distinguishing clearly between new opportunities at the technological level and government policies that may generate conflicting economic incentives. Studies of the employment impact of new technologies will need to be sensitive to such considerations.

Before final judgments are formed about employment aspects of the new technologies, it is essential to know how government policies may be creating incentives that work in the opposite direction.¹⁰ For example, in spite of much lip service to appropriate technologies, many governments in developing countries weaken the incentive to adopt more labor-intensive technologies by a variety of subsidy programs (or subsidy-like programs) that cheapen the cost of capital and raise the price of labor. Included here are low interest rate loans to a large number of favored categories of borrowers, artificially high exchange rates or multiple exchange rate schemes that reduce the domestic purchase price of foreign capital goods, and minimum wage legislation and a variety of other compulsory employee benefit schemes that raise the price of labor to an employer.

V. Economic Efficiency Aspects

From an economic viewpoint, the most intractable difficulties with technology blending revolve around evaluation of economic efficiency. A number of points, however, can be made.

Economic success involves more than one criterion. In particular, we need to distinguish between the issue of technological feasibility and economic efficiency. Clearly, technological feasibility is only a necessary and not a sufficient condition. Many products pass the test of technological feasibility but fail the economic test, i.e., they do not deliver a product or service at a price at which the public is prepared to buy a sufficiently large

quantity to cover the costs of production. In such cases, failure is not attributable to failure to master the technology. The failure may be with the product or service being delivered and not to the mastery of the technology for delivering it. This last point was clearly the case with the attempt to use satellite TV broadcasting for rural education in India.¹¹ For a number of reasons, including a failure to consider the great linguistic diversity of the vast Indian subcontinent and what appears to have been highly centralized and unimaginative programming, the project was a failure. But it was a "software" failure and not a "hardware" failure.

The main economic uncertainty that hangs over the future of technology blending is how the blended technologies will "cost out" in terms of economic performance. The case studies in this volume and elsewhere are far from conclusive. They include a very diverse array of technologies at very different stages of their individual trajectories. There are some highly successful experiences, including the Green Revolution in agriculture, but some of the case studies in this volume, as well as those in *Blending I*, deal with instances where the emerging technology is in an early stage of its life cycle and nowhere near the point of commercial readiness.

In biotechnology applications, although some of the possibilities would appear to have very large potential markets, the technologies are still years, and perhaps even decades, away—as in the genetic design of new nitrogen-fixing plants. With respect to such prospects, we can offer only guesses as to what precisely will be the outcome of protracted research projects. At this point, what their feasibility will be can only be a matter of speculation (see Chapters 17 and 18).

VI. Conclusions

The possibilities for further technology blending in developing countries will, of course, depend heavily on the characteristics of the new technologies that eventually emerge in the advanced countries. One cause for optimism is that some of these technologies appear to have features that will make them more congenial to developing countries. For example, the miniaturization that is emerging out of microelectronics may shrink the optimal size of plants and make extensive information-processing capabilities available to firms of smaller size (see Chapter 4). Indeed, this has already occurred to a considerable degree, and further miniaturization and cost reduction may render scale economies and capital requirements in many industries far less important in the future. Furthermore, the cheapness of information processing that had been made possible by the microprocessor may favor decentralization by allowing smaller organizational units to process all the information needed for their efficient functioning without having to rely upon a centralized agency to collect and process information and to integrate

decisions on the basis of entire systems. The shift toward decentralization made possible by the microprocessor has been aptly described by Carlota Perez in the context of traffic control.

In electromechanical times, traffic light relay mechanisms were individually handset to change at prescribed intervals according to control plans drawn up at the central office, on the basis of sample "counts" taken by hand or instrument. By the end of the first stage of computerised traffic control, all the information was being fed into a giant computer with very complex and expensive software, provided with a giant display of the city's traffic control system, where the hyper-centralised decisions were taken. Today, infinitely more flexible systems have been developed with microprocessor intelligence at each traffic light. Information on traffic flows at each intersection is collected on-line, on the spot, so each set of lights can react to demand.¹²

This ability to make such "on-the-spot" decisions without having to refer to authorities higher up in some organizational hierarchy may constitute a powerful force, making for greater efficiency. Moreover, a technology based upon the microprocessor would seem to offer far greater opportunities than one requiring access to highly expensive mainframe computers.

Some electronic innovations, such as computer-aided design (CAD), may require smaller amounts of certain kinds of skills that are, at present, a serious constraint in developing countries. They may do this by allowing capital goods to be cheaply customized for local requirements and by permitting engineering personnel with less training or experience to design new products in cost-effective ways. In the short run, this could prove very beneficial to developing countries. This may well be true even if advanced countries remained the suppliers of the computerized design technology, as long as the markets for such technology are reasonably competitive. In the long run, however, technologies that require relatively limited skills must be supplemented by higher-skill activities if developing countries are to acquire the enlarged technological competence that successful development eventually requires. From this point of view, the ideal technologies may be those that, besides improving economic efficiency immediately, also allow a gradual upward adjustment of the human capital required for their successful operation. Whether such technologies already exist in large enough numbers to have a significant impact, or whether they can be readily designed by modification of existing technologies, is still an unanswered question.

Another critical issue with respect to the characteristics of the new technologies is the ease with which retrofitting can take place—or can be made to take place. It makes an enormous difference whether a new technology requires the purchase and introduction of new equipment (especially when such equipment involves large fixed costs) or whether it can be added on or introduced as a modification to existing equipment. The prospects for technology blending will be very much shaped by the ease with

which new technology can be introduced without having to scrap the old. Indeed, this really takes us to the essence of what blending is all about. In the extreme case, if a new technology requires the complete scrapping of an old one in order to take advantage of it, no blending is possible.

One of the most valuable contributions of the literature on blending is that it has demonstrated the additional insights that flow from disaggregation. There appears to be a range of useful technological alternatives that are not visible at very high levels of aggregation—such as when one applies the concept of technological dualism to an entire economy. A more disaggregated treatment makes clear that individual technologies are often composed of very distinct and separable components, and what may appear to be true at a high level of aggregation need not be true of many individual components. Thus, far more technological opportunities often become apparent at the industry or firm levels. Once such opportunities are perceived, their extent and significance then turn, as they must, on a careful empirical analysis of individual cases.¹³

When the analysis moves to this level, as it must in order to be useful, one variable will have to assume a prominent position: that is, the technical competence of individual developing countries. The discussion will need to consider further disaggregation among developing countries. Some of these countries have much greater technical competence than others. Some have already been very successful in making use of many new technologies—indeed, to such an extent that we no longer categorize them, for all purposes, with other developing countries. The term "NICs"—Newly Industrializing Countries—is explicit recognition that some of these countries are less "less developed" than others. Apart from diversity among developing countries, the individual cases in this volume show not only the diversity of technologies, but also the diversity of the organizational and managerial capabilities for exploiting them.

To conclude, developing countries can derive some economic benefits from new technologies available from the advanced countries. In a world of internationally traded goods there are a number of other avenues for deriving benefits from new technologies. On the one hand, it is possible for developing countries to identify *components* of sophisticated high technology products and to produce these components for assembly abroad. Alternatively, there are many advanced products that possess labor-intensive assembly *stages* (such as electronic components) in which developing countries could easily specialize. Such possibilities are particularly numerous for product lines in which transport costs are not very significant, or where a developing country is advantageously located close to an advanced economy (as in the case of Mexico). Finally, if one approaches the problem in terms of product life cycles, it is obvious that many technologically sophisticated products offer an expanding set of opportunities to developing countries as they approach maturity.

Notes

The author has benefited from comments on an earlier draft by A. S. Bhalla, S. Engerman, K. Habermeier, and D. James.

1. A number of case studies are drawn together in A. S. Bhalla et al.: 1984, op. cit. Additional useful empirical data and discussion may be found in E. U. von Weizsäcker, M. S. Swaminathan and A. Lenma (eds.): *New Frontiers in Technology Application: Integration of Emerging and Traditional Technologies*, Dublin, Tycooly International Publishing, 1983; Advisory Committee on Technology: *The Socio-Economic Impact of New Technologies*, Geneva, ILO, 1985.

2. See the long list of microprocessor applications by industrial sector in A. S. Bhalla et al.: 1984, op. cit., pp. 5-9.

3. See the earlier work of Griliches on the introduction of hybrid corn in the United States, which required genetic redesigning as it moved throughout the American Midwest. See Zvi Griliches: "Hybrid corn: An Exploration in the Economics of Technological Change," in *Econometrica*, October 1957.

4. A. S. Bhalla et al.: 1984, op. cit., p. 30 and Figure 2.1, p. 32.

5. *Ibid.*, Chapter 11.

6. For a treatment of some aspects of this assertion in the course of American industrialization, see Nathan Rosenberg, "Selection and Adaptation in the Transfer of Technology: Steam and Iron in America, 1800-1870," Chapter 10 in N. Rosenberg: *Perspectives on Technology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976.

7. Gustav Ranis: "Industrial Sector Labor Absorption," in *Economic Development and Cultural Change*, April 1973, p. 400. See also the earlier article by the same author: "Factor Proportions in Japanese Economic Development," in *American Economic Review*, September 1957, pp. 594-607.

8. David Granick: "Economic Development and Productivity Analysis: The Case of Soviet Metalworking," in *Quarterly Journal of Economics*, May 1957, pp. 205-233.

9. Ranis: "Industrial Sector Labor Absorption," op. cit., pp. 402-408.

10. For a review of how government policies affect the choice and development of technologies see J. James and S. Watanabe (eds.): *Technology, Institutions and Government Policies*, London, Macmillan, 1985.

11. A. S. Bhalla et al.: 1984, op. cit., Chapter 16.

12. C. Perez: *Microelectronics, Long Waves and World Structural Change*, Science Policy Research Unit, University of Sussex, unpublished manuscript, July 1984, p. 35.

13. Even if individual sectors have highly fixed technical coefficients, the economy as a whole may have more substitutability than would be apparent in a simple aggregation of the individual sectors, provided these sectors have *different ratios* of fixed coefficients. This is so because changes in demand can still generate changes in factor proportions for the entire economy by altering the *size* of individual sectors.

Empleo y Nuevas Tecnologías

¿Elimina la máquina al hombre? Es esta una interrogación tan vieja como el mundo. Las reorientaciones de las metodologías de la evaluación de la evolución del empleo producida con la introducción de máquinas y la ausencia de estadísticas globales irrefutables impiden dar una respuesta precisa a la pregunta.

Seamos prácticos y refirámonos a un estudio casuístico. La utilización de robots muestra cómo de ahora en adelante el hombre intervendrá en el origen y el final del proceso de producción más que en el proceso mismo. Es cierto que el aumento de la productividad amenaza el empleo, aun cuando globalmente las transferencias de beneficios le sean favorables. Sin embargo, los puestos de trabajo amenazados, que son numerosos, se preservarán mejor si se acelera la difusión de las nuevas técnicas. Tal es el diagnóstico de Bertrand Quélin.

Uno de los principales problemas de toda sociedad industrial es la sustitución del hombre por máquinas. Sin embargo, en el largo plazo, el progreso técnico ha permitido aumentar tanto el nivel de vida como el de empleo: prosperidad y productividad marchan a la par.

Toda evolución técnica se inscribe entonces en el marco de la evolución a largo plazo del sistema económico, en el cual obsolescencia e innovación juegan un papel extremadamente importante. Ello conduce al examen de uno de los temas de estudio más antiguos: los vínculos entre progreso técnico y empleo.

LOS DILEMAS PLANTEADOS POR LA PRODUCTIVIDAD

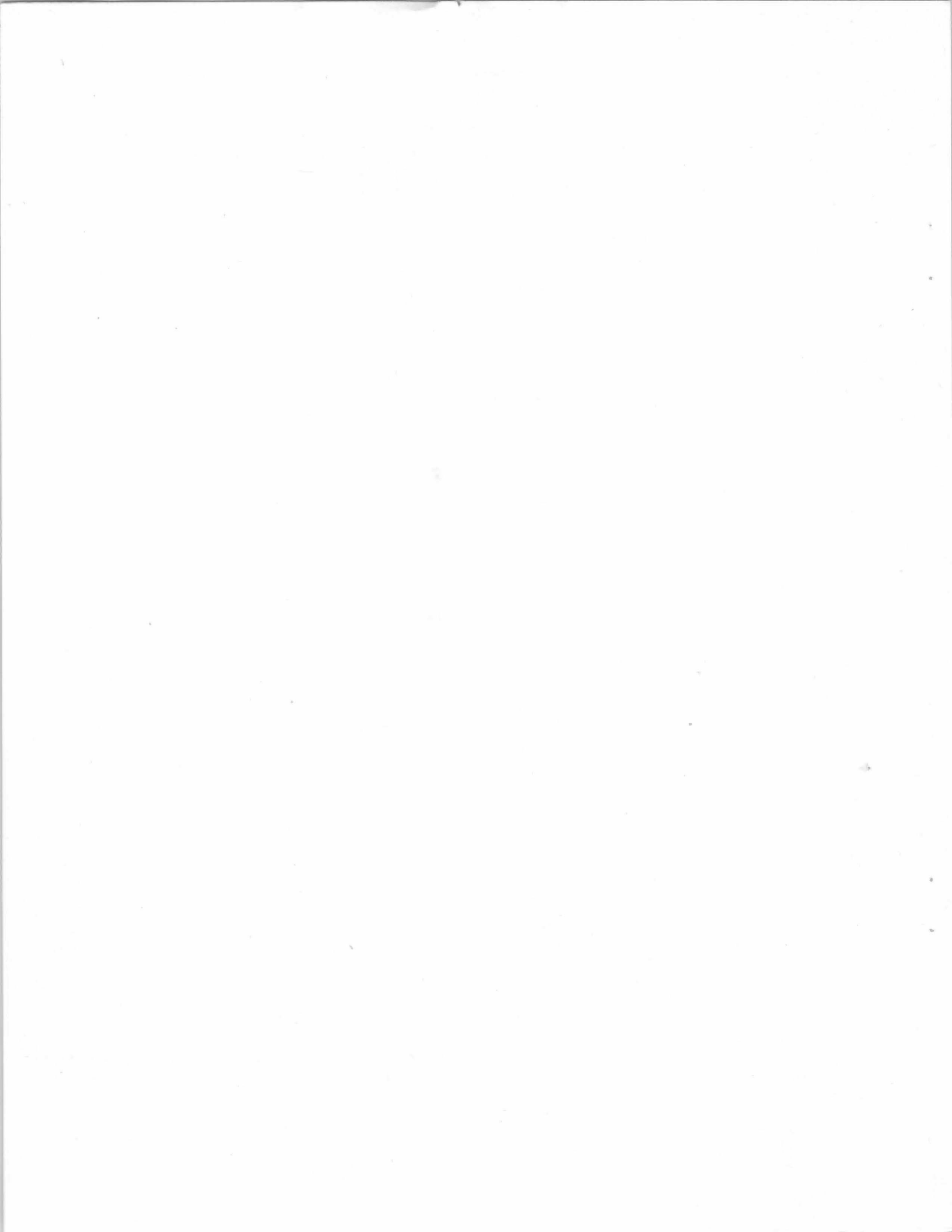
La informatización ha reactivado la controversia: su difusión no explica el desempleo, pero contribuye al mismo. El análisis que desarrollan las teorías de la

compensación de empleos⁽¹⁾ ofrece un esquema eficaz. Si a corto plazo la automatización aumenta las tensiones en torno al empleo, a largo plazo tiene efectos esencialmente positivos.

Ahora bien, aumentar la productividad gracias a la automatización se ha vuelto indispensable en todos los niveles de la economía. Los computadores y robots contribuyen a ello. Las nuevas unidades de producción textil obtienen aumentos de un 30% en la productividad. Al ritmo actual de robotización, la productividad del sector automotriz aumentaría de 5 a 10% anual en los próximos diez años.

Está en juego la supervivencia de ciertos sectores de la industria por cuanto esta búsqueda de competitividad plantea un dilema.

Por una parte, la disminución de costos, en particular de mano de obra, depende de que se acelere la difusión de las nuevas tecnologías que aumenten la competitivi-



dad de la industria nacional.

Por otra parte, la incorporación de robots a las cadenas de producción y de computadores al trabajo de oficina provoca olas de despidos cada vez mayores a medida que tales equipos alcanzan mayor sofisticación, abaratamiento y productividad.

Alfred Sauvy⁽²⁾ condena el rechazo al progreso técnico que se expresa en la imposición de trabas a las nuevas tecnologías con el fin de salvaguardar el volumen de empleo. Su concepción optimista tiene sin duda fundamento en lo referente al muy largo plazo. Pero no es mecánicamente aplicable al mediano plazo y aún menos a los países en su conjunto.

ALGUNAS INDICACIONES METODOLOGICAS

Nadie puede hacer de la informatización el principal responsable del desempleo; ésta sólo juega un papel variancial en relación a la evolución del empleo.

Para aclarar el análisis se debe distinguir entre las supresiones brutas de puestos de trabajo (1 máquina = 1 hombre menos) y las supresiones netas, que se traducen directamente en términos de empleo (teniendo en cuenta las posibilidades de reafectación de asalariados en la empresa en que se han suprimido puestos de trabajo)⁽³⁾.

En la controversia acerca de los efectos de las nuevas tecnologías sobre el empleo se confirma casi sistemáticamente la oposición entre el corto y el largo plazo. La magnitud de las supresiones netas de empleos depende a la vez de la creación de empleos impuesta por el desarrollo de nuevas actividades y del ritmo de difusión de los automatismos.

Oposición entre corto y largo plazo

En *Principios de la economía política y del impuesto*, publicado en 1817, David Ricardo ya analizaba este tipo de oposición. Destacaba que a corto plazo "la sustitución de fuerzas humanas por fuerzas mecánicas pesa a veces muy gravemente, muy penosamente, sobre los hombros de las clases trabajadoras" y que a largo plazo "siempre sería peligroso para los Estados poner trabas al empleo de máquinas". Ricardo especificaba: "Si rechazarais el empleo de las máquinas (...), en vuestras relaciones con otros países podríais veros en la obligación de dar una mercadería que os ha costado dos jornadas de trabajo por una mercadería que sólo ha requerido una jornada en el extranjero (...)"⁽⁴⁾.

Para quienes sostienen la teoría de la compensación, existen tres mecanismos que a la larga conllevan mayor creación que supresión de empleos:

- la concepción y la construcción de equipos son por sí mismas creadoras de empleos;
- los aumentos de productividad obtenidos de la inversión en automatismos autorizan a disminuir el precio

del producto, lo que conlleva de por sí un aumento de la demanda;

- la intervención de la "derrama", el más importante de los tres mecanismos compensadores, consistente en que todo progreso técnico provoca una liberación de poder adquisitivo que se vuelca sobre productos viejos y nuevos, y da lugar entonces a un aumento del empleo de mano de obra.

Es evidente que el progreso técnico ofrece asimismo una alternativa parcial al aumento del consumo: la reducción del tiempo de trabajo (de un promedio de 75 horas en 1870, la semana de trabajo pasó en Francia a 39 horas en 1981).

El marco teórico planteado en torno a la compensación convoca a hacer tres reflexiones. El volumen de empleos creado por la construcción de nuevas máquinas no significa un beneficio absoluto puesto que viene a deducirse del número de horas economizadas por la utilización efectiva de aquellas. Por otra parte, ¿permite la rigidez de las estructuras industriales una baja real de los precios, consecutiva al aumento de la productividad? Finalmente, ¿cuál es el plazo necesario para la real aparición de nuevos bienes? Seamos más explícitos acerca del concepto de derrama.

Mecanismo de la "derrama"

Los efectos positivos del progreso técnico sobre el volumen del empleo resultan de mecanismos de transferencia de utilidades designados por Alfred Sauvy con el término técnico de "derrama". Esquemáticamente, el aumento del consumo de bienes y servicios permitido por los beneficios obtenidos de la aplicación de nuevas tecnologías depende de tres elementos.

- El primero es la baja de precios favorecida por el progreso técnico. Sin embargo, ésta dependerá de la capacidad de adaptación de las estructuras industriales, particularmente del grado de competencia y del nivel de concentración.

- El segundo factor es la elasticidad-precio del consumo del producto: la baja relativa del precio del bien apareja un aumento de su consumo. Alfred Sauvy no analiza el fenómeno de saturación que beneficia principalmente a los bienes nuevos (el crecimiento anual del mercado del automóvil pasó de +2,7% entre 1974 y 1979 a -4,6% entre 1980 y 1982).

- El tercer factor corresponde a la elasticidad-ingreso del consumo. El mecanismo ideal teórico ejemplar incide a largo plazo. Pero los efectos inmediatos de compensación no son sino parciales, cuando existen. El sector de la producción francesa de robots empleaba en 1983 apenas algo más de 5000 asalariados⁽⁵⁾. La coyuntura económica internacional y la imbricación de las economías competitivas tienen aquí un peso considerable. ¿Se alcanzará en los próximos años una ampliación de los mercados suficiente como para compensar los empleos? La mutación actual será fuente de creación y

de pérdida de empleos distribuidas desigualmente.

Los beneficios de la revolución tecnológica se repartirán sólo entre un pequeño número de países industrializados: los más aptos para desarrollar una industria competitiva de bienes de equipo automáticos y los más rápidos en equipar sus industrias con tales bienes.

*Ritmo de difusión,
un papel crucial*

La mayor parte de las economías industriales realizan análogos esfuerzos de informatización, pero las más rápidas en adoptar las nuevas tecnologías alcanzan mayor competitividad. El papel del ritmo de difusión debe pues apreciarse en un marco de competencia internacional exacerbada.

Un ritmo acelerado de difusión tiene efectos negativos directos sobre el empleo tanto más marcados cuanto mayores son el potencial y el aumento de la productividad⁽⁶⁾. Una difusión rápida, no obstante, apareja también creación de empleo, a condición de que la industria satisfaga la demanda interna de equipos electrónicos⁽⁷⁾ y sea competitiva en el mercado mundial.

Los empleos creados por el juego de los efectos de compensación corresponden a cualificaciones nuevas y a una localización geográfica diferente. Ello exige una adecuación de la oferta y la demanda de trabajo que no se realiza actualmente. La escasez de personal con cierto tipo de cualificación (especialistas en informática de alto nivel, ingenieros en electrónica y en robótica, pero también personal de mantenimiento y de reparación de automatismos) afecta a todos los países industriales, reduce la demanda de mano de obra y puede enlentecer el ritmo de difusión.

Sin embargo, en un contexto de integración mundial de la economía, el retraso de un país en materia de informatización conduciría a una situación peor (dependencia científica, tecnológica y, por consiguiente, cultural). En consecuencia, es necesario que entre las naciones industriales reine una cierta armonía en el nivel de equipamiento.

PRECARIEDAD
DE TODO BALANCE ESTADISTICO

*Baja tendencial del empleo
en la industria*

Consideremos en primer lugar la evolución del empleo en la industria. Desde el principio de los años setenta, los efectivos en el sector industrial del conjunto de países de la OCDE (Organización de Cooperación y de Desarrollo Económico) disminuyen o se estancan. En el caso de Francia, esta evolución se caracteriza por:

- una continuación del aumento del desempleo en la industria de bienes de consumo (textil, vestimenta, cuero);
- un vuelco de la tendencia para las industrias intermedias (vidrio, química de base) y ciertas industrias de equipos (construcción mecánica, bienes de equipamiento doméstico) en 1973-1974;
- finalmente, evoluciones que van desde un relativo estancamiento del empleo (material eléctrico) a un deterioro del mismo (automóvil) conocen fluctuaciones en algunas industrias (construcción naval, aeronáutica y armamento). (Véase cuadro 1.)

1. Evolución de los efectivos asalariados en los sectores comerciales
(asalariados no agrícolas, en millares)

	1969-1974	1975-1982	1982-1983
Industria.....	+ 569,3	- 986,2	- 192,7
Bienes de consumo.....	+ 33,7	- 271,6	- 35,7
Bienes de equipo.....	+ 372,3	- 183,8	- 51,7
BGCA.....	+ 3,6	- 230,2	- 60,7
Terciario comercial.....	+ 1042,2	+ 1179,4	+ 34,2
Total.....	+ 1612,1	+ 203,2	- 158,5

Fuente: Ministerio francés de Asuntos Sociales y de Solidaridad Nacional.

Por otra parte, en el sector terciario, el crecimiento de los efectivos disminuyó a la mitad entre los años 1975-1984. Ya no alcanza para compensar la merma del empleo industrial. En los bancos, la informatización sucedió a la mecanografía. Los aumentos de la productividad han disminuido notablemente los volúmenes de empleo creados. Estos han sido casi nulos para el sector desde 1974 en adelante.

Nuevas tecnologías y empleo

Teniendo en cuenta el contexto económico y las precauciones metodológicas que se imponen, es muy difícil evaluar los efectos de las nuevas tecnologías sobre el empleo. Ninguno de los métodos es perfecto. Pero al destacar las condiciones necesarias para que sus previsiones se cumplan, tienen el mérito de proporcionar órdenes de magnitud.

Se proponen dos métodos de análisis para cuantificar el impacto de las nuevas tecnologías sobre el empleo:

- El primer método es cuantitativo. Con modelos de previsión, se extrapolan las tendencias del pasado. La evolución del empleo resulta de una confrontación entre aumento de la productividad del trabajo y volumen de producción esperado. Los resultados dependen de las relaciones entre productividad y crecimiento del producto privilegiadas por el modelo. Todo modelo de este tipo se enfrenta a dos dificultades:

Por una parte, los modelos macroeconómicos tratan consecuencias del progreso técnico cuyo origen no se describe. Por otra, rara vez incorporan las transformaciones sufridas por el comportamiento económico y social de los actores (modo de consumo, negociación entre sectores sociales, papel del Estado, etc.).

- El segundo método, basado en enfoques tecnológicos directos, analiza dos tipos de evolución: Los estudios de aplicación analizan los efectos de cada nueva tecnología sobre todos los tipos de empleo existentes. Los estudios sectoriales, por su parte, examinan el impacto de las transformaciones técnicas previsibles en un sector determinado sobre el empleo.

Incertidumbres respecto del futuro

Sin embargo, por una parte, en estos enfoques se deja subsistir incertidumbres de carácter económico: condiciones macroeconómicas, estado de la demanda mundial. Por otra parte, se agrega una duda inherente a toda nueva tecnología: la introducción de un automatismo no siempre comporta supresiones de empleo, sino, a menudo, transferencias de puestos de trabajo o movilización de mano de obra de un establecimiento a otro.

Ciertos autores han intentado integrar estos datos cualitativos en el marco de un modelo económico⁽⁹⁾. Actualmente, no existe pues ningún estudio global profundo que aplique uno u otro de los métodos presen-

tados. Toda previsión resulta parcial y debe ser empleada con cautela.

En Francia, la automatización industrial afecta a más de 100.000 empleos⁽⁹⁾. Desde 1980, la robótica amenaza el empleo en numerosos sectores: automotores, siderurgia, química, textil, industrias agroalimentarias y construcción eléctrica y electrónica.

El cuadro 2 intenta delimitar tanto las cualificaciones como los sectores concernidos por la información en la perspectiva 1985-1987. Estas previsiones se basan en un cierto número de hipótesis (tasa de natalidad, evolución de la jornada laboral, política de inmigración, tasa de ocupación femenina). Hoy aún es difícil estimar su pertinencia, pero la tendencia ya se perfila y sólo un desmentido parcial de las hipótesis de base permitiría contradecirla. Es probable que para ciertas cualificaciones, cuyo volumen ha aumentado contrariamente a lo previsto, se haya sobreestimado el ritmo de difusión de las tecnologías. No obstante, el cuadro 2 ofrece un enfoque general de las evoluciones pasadas y futuras que sólo podrá precisarse en base a un estudio de las modificaciones de la estructura de la población activa.

EL EJEMPLO DE LA ROBOTIZACION

La robótica es por excelencia la forma de la automatización de la producción industrial. Actualmente es fácil automatizar las funciones que requieren gestos simples y repetitivos o que implican series prolongadas. Mucho más difícil resulta, en el estado actual de las técnicas, la robotización de las tareas no repetitivas, por la pesadez de la programación, o de aquellas que requieren destreza. Los avances verificados por los automatismos exageran el impacto de la automatización sobre el empleo.

Primeras enseñanzas

El examen del proceso de difusión de robots permite perfilar ciertas evoluciones. Los robots se instalan en empresas caracterizadas por una forma determinada de "organización del trabajo" que por cierto evoluciona, pero que no es totalmente "flexible". Al ser aplicada, la automatización suprime determinadas tareas (reducción de la manipulación de piezas gracias a los captadores ópticos de los robots, modificación de la concepción de los talleres, integración entre CAO y robótica, etc.). La flexibilidad de los automatismos aumenta la de la producción: un robot de fabricación produce indistintamente toda una gama de piezas⁽¹⁰⁾. Los hombres participan cada vez menos directamente en el proceso de producción; intervienen más que nada en el origen y la finalización de la producción; y las tareas de control-vigilancia-orientación, cuyo papel esencial es evitar riesgos y corregir averías.

A través del remodelamiento de las tareas, el proceso de automatización produce pues una mutación de las

2. Perspectivas de la informatización y el empleo en Francia para 1985-1987

CALIFICACIONES		SECTORES		
Trabajo agrícola, silvicultura, pesca				43 702
I y T (agric. y IAA)				12 625
I (Matemáticas, gestión, inform.)				23 308
Otros ingenieros				160 240
Inspectores de instalaciones				35 933
T. en pruebas, control				177 720
T. en organización del trabajo				93 230
Contramaestres				378 718
Dibujantes proyectistas				95 173
Dibujantes de ejecución				1 734
OC especialistas				2 262 778
Otros OC				169 951
OE y peones				2 391 941
Personal de manipulación				23 434
Conductores de máquinas				94 201
Transportadores				391 373
Cuadros superiores				260 268
Secretarías				405 940
Contables y cajeros				210 739
Otro pers. adm. calif.				513 736
Analistas programadores				25 163
Operadores perforadores				87 403
Cuadros comerciales superiores				112 653
Agentes técnicos comerciales				203 941
Empleados de comercio calificados				221 422
Cuadros técnicos financieros				94 201
Personal calificado de las finanzas				87 403
Varios				875 007
				EFFECTIVOS
Pesca, forestación y agricultura				77 054
Agua, gas, electricidad				140 802
Petróleo y carburantes líquidos				44 220
Combustibles minerales sólidos				2 048
Extracción de minerales diversos				55 907
Producción de metales				204 845
Primera transformación de metales				305 313
Mecánica general				456 281
Automóvil, construcción naval y aeronáutica				916 818
Construcción eléctrica y electrónica				488 124
Vidrio				74 482
Cerámica y materiales de construcción				139 643
Construcción - Obras públicas				1 163 853
Química, caucho, amianto				446 630
Industrias agroalimentarias				358 018
Textil				378 042
Vestimenta				245 437
Cueros y Pielés				118 221
Madera y amoblamiento				184 117
Papel, cartón				137 764
Industrias poligráficas				183 838
Industrias varias				185 309
Transportes				614 460
Comercio alimentario				353 120
Comercio no alimentario				1 141 169
Bancos, seguros, agencias				474 890
Servicios varios				741 072

Leyenda:
 + Aumento previsible de empleos
 - Disminución previsible de empleos

Abreviaciones: I Ingenieros
 T Técnicos
 OE Obreros especializados
 OC Obreros calificados

Fuente: Olivier PASTRE et al.: op. cit., según Enquête Structure des Emplois., 1974.

Documentation française

condiciones de trabajo y una transformación de las cualificaciones requeridas.

La robótica de ensambladura apenas se ha puesto en marcha. Lo esencial de las tareas automatizadas consiste en operaciones de soldadura, de pintura y de manipulación. No obstante, en la industria automotriz ya se plantea una reducción de los puestos de ensamblador de cerca de un 50%. De modo que el aumento de empleos calificados en manipulación y mantenimiento no compensa esta tendencia general a la supresión de puestos de baja cualificación.

Insuficiente volumen de creación de empleos

A nivel sectorial, la producción de robots y de sistemas ligados a la producción crea empleos nuevos. Un estudio del programa "Automatización y Mutaciones Económicas y Sociales" (AMES) estimó el número global de empleos en la producción robótica francesa en 5.100 para 1983 (11). Esta cifra de empleos es aún baja y la producción francesa sigue siendo limitada. Su arranque es lento: el efectivo total de la industria robótica pasó de 3.900 personas en 1980 a 5.100 en 1983, lo que significa una tasa de crecimiento anual del 8%. La industria robótica está poco concentrada: el 66% de las empresas emplea menos de 100 asalariados. En 1983, los efectivos se repartieron en 20,8% para concepción-investigación, 65% para producción y 14,2% para *marketing*.

Es creciente la importancia de las áreas de concepción-investigación y de *marketing*. La distribución de cualificaciones señala necesidades en mano de obra calificada: 14% de ingenieros, 19,4% de técnicos y 42,2% de obreros y personal calificado. No obstante, las perspectivas de evolución para 1990 siguen siendo restringidas. La suposición más favorable prevé algo más de 10.000 asalariados, o sea, escasamente una duplicación en siete años. A pesar de ello, el aceleramiento en la difusión de robots podría incentivar el empleo en el sector suministros, siempre que aumenten la competitividad y las perspectivas de exportación. De lo contrario, se corre el riesgo de que, al final, la robotización termine por estimular las importaciones.

El ritmo de difusión desempeña pues el papel de revelador de las transformaciones del sistema industrial. La dependencia entre oferta y demanda de automatismos pesa en forma importante sobre el grado de difusión y sobre la magnitud de la compensación. La industria de la robótica debe ampliar sus actividades a fin de hacer frente a la competencia extranjera.

Necesidad de concertación para evitar bloqueos

Para el Estado, el desafío planteado por la informatización implica la conducción de una política de estímulo al equipamiento en bienes electrónicos. Sin desmedro de ello sólo una adecuada política de capacitación permitirá

3. Evolución de la estructura de los efectivos

(en %; como consecuencia de la automatización de la soldadura en la industria automotriz)

	Taller manual	Taller de soldadura en puntos múltiples (SPM)	Taller SPM + robots
Agentes de producción y P1	83,5%	59,8%	51%
Ajuste/control	7,5%	9,7%	3,3%
Mantenimiento	6,5%	24,2%	39,7%
Oficiales e ingenieros	2,5%	6,3%	6%
Efectivos referidos a una producción de 1.000 chasis por día	321 (100%)	207 (100%)	182 (100%)

Fuente: *Bulletin d'information du Centre d'etudes de l'emploi*, Francia, febrero de 1984.

la adaptación a las nuevas carreras.

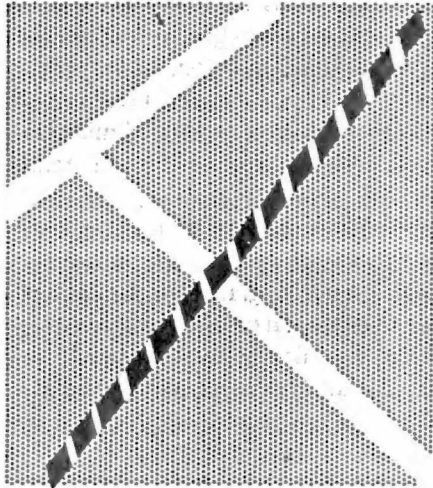
Teniendo en cuenta el grado de apertura de la economía francesa, la informatización se impone como necesidad absoluta; sin embargo, toda solución radical conduce a un callejón sin salida. La evolución demográfica y el número de asalariados constituyen datos de la realidad. La idea ultraliberal de la aceptación de salarios inferiores descuida por completo el papel de la demanda. Por su parte, la política de reactivación de inversiones no puede ignorar la inserción de las economías nacionales en la economía mundial: el aumento de las importaciones tiene efectos negativos sobre el volumen del empleo. La puesta en práctica de la automatización depende ante todo de la concertación y de la negociación entre los sectores respecto al cambio tecnológico (*).

Bertrand Quelin
Centro de Investigación en Economía Industrial.
Universidad de París Norte
Traducción de Verónica Etchart

(Publicado en *LES CAHIER S FRANÇAIS* n° 223, oct-dic de 1985)

Los subtítulos pertenecen a la Documentation française

1. Simon NORA, Alain MINC, *L'informatisation de la société*, Ed. du Seuil, París, 1975.
2. Alfred SAUVY, *La machine et le chômage*, Dunod, París, 1982; reeditado por Hachette en la colección "Pluriel".
3. Olivier PASTRE, *L'informatisation et l'emploi*, col. "Repères", N°1, La Découverte, Maspéro, 1983.
4. David RICARDO, *Principes de l'économie politique et de l'impôt*, Flammarion, París, 1981, cap. XXXI.
5. A. CHENARD, A. PINO, *La situation de l'emploi dans le secteur robotique*, Centre de recherche en économie industrielle, Programme AMES, noviembre de 1984.
6. N. BLATTNERO, PASTRE, P. STONEMAN, "La micro-électronique, la robotique et l'emploi", *PIIC* n° 7, OCDE, París, 1982.
7. Jean-Hervé LORENZI, O. PASTRE, Joelle TOLEDANO, "La crise du XXe siècle", *Economica*, París, 1980.
8. Véase nota 6.
9. J.-L. MISSIKA, O. PASTRE, D. MEYER, J.-L. TRUEL, R.



EL SURGIMIENTO DE LAS BIOTECNOLOGÍAS

Las modificaciones más importantes y espectaculares de las próximas décadas deben tal vez esperarse de las biotecnologías.

• *Jacques Robin, médico, animador en Francia del GRIT (Grupo de Reflexión Inter y*

Transdisciplinario del grupo Ciencia Cultura), y Guy Béney, biólogo, ofrecen un inventario de los principales campos de aplicación, productos y mercados de las biotecnologías.

Las biotecnologías buscan proseguir con el desciframiento de los mecanismos de la vida con el fin de desviarlos en provecho del hombre para producir industrialmente sustancias energéticas, farmacéuticas, etcétera. Son las consecuencias directas de los avances fulgurantes de los conocimientos, producidos desde 1950, en la investigación fundamental en biología, sobre todo en genética, virología, bacteriología, inmunología, enzimología, biología celular y molecular. Citemos, por ejemplo, la determinación de la estructura del ADN, soporte de la herencia; el desciframiento del código genético, idéntico en su funcionamiento desde la bacteria hasta el hombre; la comprensión más cabal de los mecanismos de acción de las enzimas en el interior de las células; el descubrimiento del papel activo y selectivo que desempeña la membrana; el aislamiento de los primeros "receptores membranares", etc.

Esencialmente multidisciplinarias, las biotecnologías han surgido de una fertilización cruzada de "ingenierías": ingeniería microbiológica (selección y conservación de cepas), ingeniería genética (1) (sondas de hibridación, recombinación, mutagénesis dirigida, híbridomas (2), etcétera), ingeniería enzimática (enzimas de "restricción", catalizadores de reacciones bioquímicas, enzimas libres o fijadas...), ingeniería industrial (técnicas de extracción, de purificación, bioconversiones (3) en los biorreactores...), ingeniería bioelectrónica

y bioinformática (bancos de datos, biocaptadores, (4) concepción asistida por computadora, *biochips*...), etc.

Las biotecnologías tienen un gran porvenir en innumerables sectores. Su campo de aplicación llega ya, más o menos, directamente o no, al mundo orgánico y vivo (química orgánica, virus, bacterias, hongos, plantas, animales, ecosistemas naturales, y finalmente la esfera humana).

Sin embargo, es difícil establecer una prospectiva confiable en materia de biotecnologías ya que la rapidez de su expansión dependerá del ritmo de los descubrimientos, los que a su vez se hallan ligados a la orientación de los créditos y a los avatares de la creación científica. Lo que sí les está asegurado es un desarrollo considerable.

PRODUCTOS MÚLTIPLES, MERCADOS MÚLTIPLES

Si bien existen ya procedimientos de fabricación y productos "bioindustriales", no podrá hablarse de bioindustria propiamente dicha antes de una década. Veamos los principales sectores que habrán de quedar profundamente marcados por las biotecnologías.

Documentation française

LA SALUD

Hoy en día, el de la salud es el sector en que el impacto de las biotecnologías tiene más consecuencias prácticas. De ahora en adelante y de manera cada vez más frecuente, gracias a las nuevas técnicas -ingeniería genética, anticuerpos monoclonales, (5) etc., el *instrumental terapéutico* reconoce específicamente la célula enferma para curarla o destruirla (liposomas, medicamentos "misiles"), mientras que los medicamentos eran hasta hace poco tiempo, sustancias químicas relativamente simples cuya acción poco específica podía provocar efectos secundarios. Las bioconversiones permiten producir, con un rendimiento elevado, péptidos esenciales (hormona de crecimiento, insulina, interferón, neuropéptidos, reguladores de la presión arterial...) y también vitaminas, aminoácidos, esteroides, etcétera.

En lugar de buscar el principio de una *vacuna* en el agente patógeno entero, se retienen sólo los genes codificadores para los antígenos específicos de la vacuna. En tal sentido, se están desarrollando investigaciones sobre la malaria, la fiebre aftosa, la hepatitis B, la rabia, los herpes.

Los *"productos diagnósticos"* se encuentran en plena expansión. Los anticuerpos monoclonales tienen un cada vez más amplio espectro de uso, lo que está permitiendo identificar y localizar antígenos rigurosamente específicos, diagnosticar infecciones, individualizar células cancerosas... Las sondas de ADN son fragmentos compuestos por algunas decenas de bases capaces de reconocer las secuencias del genoma que les son complementarias y de aparearse con ellas; permiten ubicar tal o cual gen particular, normal o patológico y pronto podrán activar o inhibir su expresión. Con su utilización en el diagnóstico prenatal de las enfermedades genéticas más extendidas, la medicina se vuelve predictiva. Los progresos recientes en la comprensión de los mecanismos moleculares de comunicación celular (receptores membranaarios, segundos mensajeros, interleukinas, etc.) y sus patologías (cáncer, parasitismo...) van a multiplicar dentro de poco la elaboración de nuevos instrumentos de diagnóstico y tratamiento. De esta manera, el virus del SIDA, detectado clínicamente a comienzos de los años ochenta, fue identificado a partir de 1983 en el Instituto Pasteur y establecida su secuencia genética completa en 1985, y los *tests* de detección y los primeros ensayos de vacuna han sido ya puestos a punto, recientemente.

EL SECTOR AGRO-ALIMENTARIO

Este sector quedará marcado también por la revolución biotecnológica, aun cuando, en todas las épocas, microorganismos y enzimas hayan sido auxiliares esenciales (fermentación (6) en el caso del vino, la cerveza y el pan...). Pero la biotecnología postula el control, por

parte de científicos y técnicos, de una reprogramación de los microorganismos capaz de introducir en la materia viva mensajes naturales o de síntesis, que utilizan la facultad de metabolizar y biosintetizar, que poseen las partículas vivas para fabricar sustancias de terminadas.

Los productos de la *alimentación* se presentan como mezclas de macromoléculas (lípidos, prótidos, glúcidos, aromas...). En este sector se encuentran numerosos problemas: resistencia creciente de los parásitos a los antibióticos, sustancias tóxicas en los vegetales o las carnes, excesos o penurias en materia alimentación según las regiones del mundo, etc. Las biotecnologías podrán encontrarles una solución, con mayor o menor rapidez, y de múltiples maneras. Técnicas como la fusión de protoplastos permiten crear híbridos con nuevas propiedades (alto potencial nutritivo, resistencia a las toxinas, a los herbicidas, etcétera.).

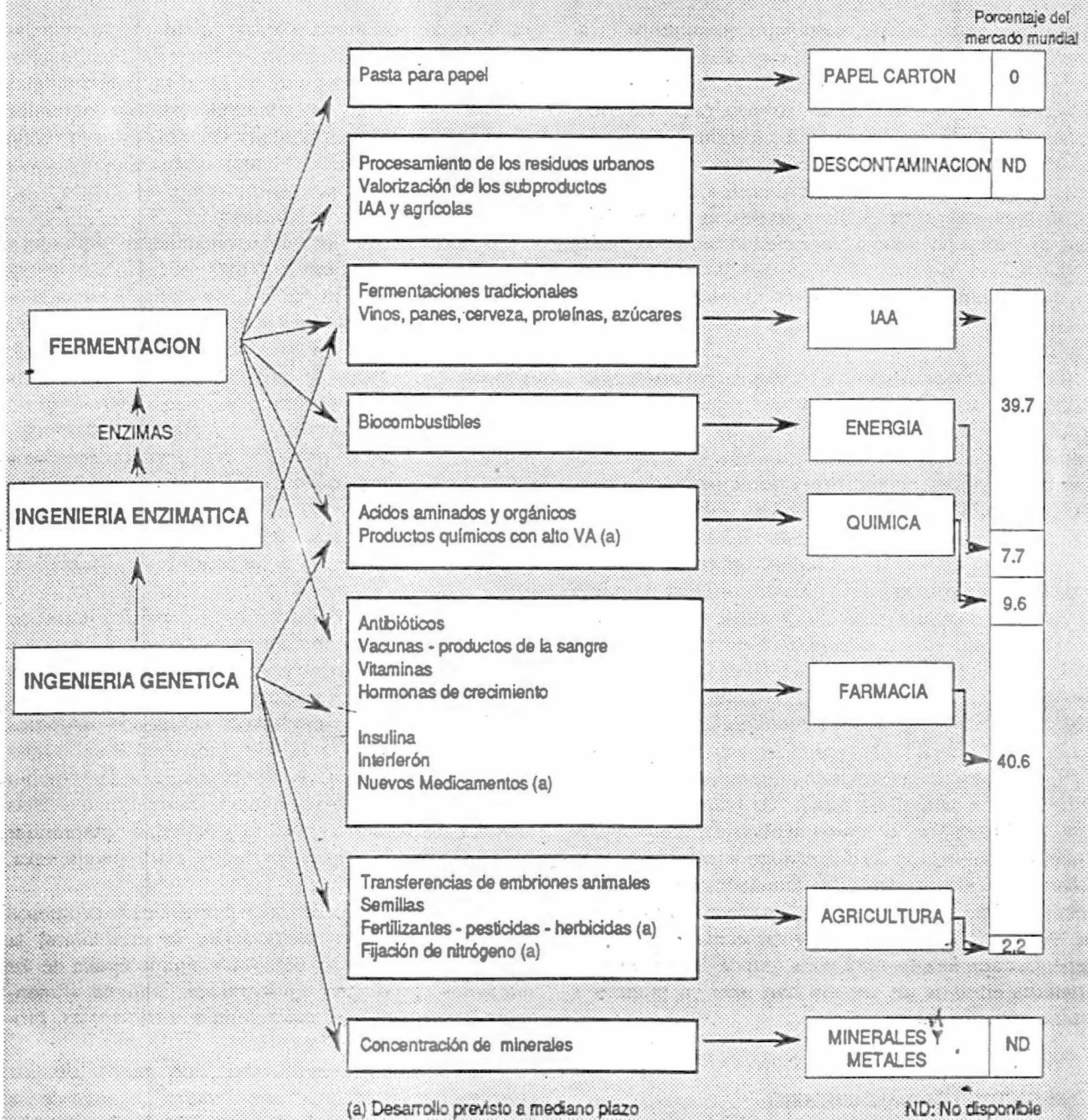
El estudio de los microorganismos del suelo permitirá una fertilización más eficaz. Las investigaciones se orientan igualmente hacia la lucha biológica contra los parásitos y la resistencia a los pesticidas por transferencia genética (bacterias "antigel"...). Alrededor de 1995, se podría asistir al fin de los fertilizantes gracias a plantas capaces de fijar el nitrógeno atmosférico por simbiosis e incluso directamente. Pronto será posible producir a precios competitivos proteínas a partir de diferentes substratos (parafina, gas natural, residuos agrícolas, ...) Las transferencias de técnica podrán revolucionar los mercados de los cultivos (maíz para la fabricación de etanol, de isoglucosa, etcétera.).

En materia de *ganadería*, las transferencias de embriones permiten obtener animales seleccionados a partir de un carácter particular: sexo, calidad de la carne, producción lechera, capacidad de reproducción... Los primeros "animales transgénicos" ya han sido obtenidos por microinyección de ADN extraño a nivel del huevo fecundado, o bien por transferencia de genes por medio de un vector de genes, a la manera de un retrovirus. Estas técnicas comienzan a aplicarse y deberían comprender a los animales de cría: pollo, trucha, cerdo, oveja, vaca, etcétera.

Las biotecnologías permiten por otra parte progresos considerables en la *purificación*, la *estabilidad*, la diversidad y la calidad dietética y organoléptica de los *alimentos* (productos edulcorantes, aditivos alimentarios, conservadores, suplementos nutricionales, productos modificadores del pH...).

Finalmente, la evolución del *gusto de los consumidores* hacia una "nueva cocina", el auge de los productos preparados de antemano, frescos, cocinados, supercongelados, favorecen la transformación industrial del sector agroalimentario.

LAS BIO INDUSTRIAS



Fuente: Sociéte Générale, Conjuncture, N° 223, julio - agosto 1984

Documentation française

LA QUIMICA Y LA ENERGIA

La transformación química y energética de la materia orgánica se efectúa siguiendo los pasos de la bioconversión, de la fermentación. Esta supone el aislamiento o la transformación génica de microorganismos de alto rendimiento, el uso de medios de cultivo adaptados, de bioreactores, de biocaptadores (enzimas fijadas, asociadas al instrumental electrónico), etc. Así son obtenidos, a partir de substratos orgánicos, polímeros, bioplásticos, enzimas... Por fermentación anaerobia, la biomasa vegetal produce el biogás (metano), que puede ser utilizado, por ejemplo, para la calefacción doméstica. A más largo plazo, se espera llegar a la producción de hidrógeno e hidrocarburos por bioconversión directa de la energía solar. Dicha bioindustria, al explotar las radiaciones solares y los microorganismos fotosintéticos, permitiría soslayar a los vegetales superiores en su fotosíntesis. Hay que destacar también el ascenso probable de los productos biomiméticos y biocompartibles como los biomateriales (prótesis, colas, ...).

ACTORES DE HOY Y DEL MAÑANA

En ésta área, considerada altamente estratégica para el porvenir, se hallan comprendidos prioritariamente tres grupos de actores: la comunidad científica y técnica, las empresas, los poderes públicos. Sin embargo, con el aumento de los desafíos (riesgos, costos, etc.), es de prever una implicación creciente y "reguladora" de las asociaciones de consumidores o para la protección del medio ambiente, etcétera., así como del público en general.

EL PLANO GEOPOLITICO

Estados Unidos y Japón dominan actualmente el mercado mundial de las biotecnologías.

- Los puntos a favor de Estados Unidos son muchos: comunidad científica y técnica numerosa y calificada en investigación fundamental; lazos entre universidad e industria; abundancia de capitales y exoneraciones fiscales; espíritu de empresa y gusto por el riesgo.

- Los japoneses han recuperado en algunos años una buena parte de su atraso e incluso lideran algunos sectores como el de los biocaptadores. En ocasión de la cumbre de Venecia, en junio de 1987, lanzaron un ambicioso programa, "Human Frontier", centrado en el siglo XXI, en el que se mezclan la voluntad de modificar su imagen -juzgada internacionalmente como demasiado agresiva- y el deseo de privilegiar industrias más "suaves", más respetuosas del medio ambiente.

- Europa puede aún desempeñar un papel importante, dadas sus ventajas: calidad de la investigación fundamental, tamaño de su mercado, apertura hacia el tercer mundo. No obstante, ello sólo será posible si se continúa con la integración europea (mercado único, ayuda a las redes de centros calificados; coordinación de las reglamentaciones, estrategias industriales preferenciales en el interior de la CEE). Falta aún que los industriales europeos comprendan que el patriotismo empresarial ya ha pasado de moda. Si bien las biotecnologías son uno de los cinco centros de interés previstos en el proyecto Eureka (acciones finalizadas prioritarias comunes), por el momento, es dentro de las grandes naciones europeas donde sigue apreciándose el esfuerzo de la Europa industrial.

- La realización de grandes planes por parte de Francia -a menudo con éxito en las áreas nuclear, espacial y de la comunicación- la hace poco competitiva en un sector de actividad como el de las biotecnologías, que exigen flexibilidad y adaptación.

- En los países en vías de desarrollo, han sido emprendidos esfuerzos interesantes (plan alcohol en Brasil, digestores en China, ...) pero, a pesar de ello, dispersos, sobre todo para los países pobres del tercer mundo; sin embargo, ellos necesitarían imperiosamente las biotecnologías para afrontar los múltiples problemas que los acosan: contaminación de las aguas, epidemias parasitarias, agricultura insuficiente. A pesar de los esfuerzos de la Unesco (circuito Mircen, proyecto ONUDI) y de los países industrializados, los medios son dramáticamente inadecuados.

Es imprescindible desarrollar urgentemente biotecnologías con escaso valor agregado para fertilizar los suelos, seleccionar las semillas, etc., y, al mismo tiempo, efectuar la transferencia de los conocimientos de manera que éstos no constituyan una nueva dependencia para estos países. Cada uno de ellos ha de poder elegir las biotecnologías que le convengan en función de sus propios objetivos. Sería necesario también, que la población de los países ricos tomara conciencia de su propia dependencia y de su responsabilidad; pasada y presente, en el estado actual del tercer mundo (pillaje histórico de semillas, exportación de medicamentos y pesticidas descalificados, presiones económicas que obligan a los países en vía de desarrollo a desarrollar cultivos de exportación en detrimento de los cultivos alimenticios y de la ganadería, etc.).

LAS EMPRESAS

Hacia fines del siglo XX, grandes empresas bioindustriales dominarán seguramente el sector farmacéutico, la agroquímica, la agroalimentación, la química industrial, las nuevas energías. Empresas como Dupont de Nemours, Monsanto, Dow-Chemical, Eli Lilly, Merck, National Distillers, Corning Glass (Estados Unidos),

Toray, Mitusui, Mitsubishi, Ajinomoto (Japón), ICI, Hoescht-Roussel-Uclaf, Hoffman-Laroche, Ciba Geigy, Unilever, Elf-Aquitaine-Sanofi, Rhône-Poulenc-Mérieux (Europa), entre otras, no desaprovecharán probablemente esta oportunidad. Junto con las grandes sociedades de informática, de robótica, de la imagen y las telecomunicaciones, aquéllas constituirán las multinacionales de la sociedad neointustrial.

PROSPECTIVA

En el curso de las dos próximas décadas, cuatro temas van a ser dominantes en el campo de las biotecnologías.

- La transferencia y la extensión de biotecnologías apropiadas hacia los países subdesarrollados podrían erradicar en pocas generaciones el hambre y la miseria, y permitir quizás que estos países salgan del callejón sin salida de la industrialización en masa y la urbanización descabellada.

- Al igual que las tecnologías de la información y la comunicación, las biotecnologías tendrán un impacto excepcional en materia económica, social y cultural. Como consumen poca energía y automatizan el trabajo, abren el paso de la era energética a la era informacional: al privilegiar la inversión inmaterial y los recursos humanos, favorecen una productividad sin creación de empleos, lo que exige una distribución nueva y más igualitaria del exceso de producción.

- La interacción de las biotecnologías con la informática y la microelectrónica no se limita a los captadores, a los bancos de datos y al grafismo molecular. Se crean ya componentes bioelectrónicos (*biochips*) cuyo tamaño es compatible con la célula viva. Pero fundamentalmente, la fecundación mutua de las ciencias de la vida (biológica molecular, ecología...), de las ciencias de la ingeniería (cibernética, sistémica...), de las ciencias cognitivas en el cruce de la psicología experimental, la lingüística, la neurofisiología, conduce a reflexiones teóricas importantes acerca de la organización, la complejidad, la autonomía, y a aplicaciones prometedoras en inteligencia artificial e incluso en "biótica".

- El avance de los conocimientos en materia de comunicaciones celulares, la división en secuencias del genoma humano, etcétera, por un proceso de "recombinación permanente" con los instrumentos existentes, abren un campo de posibilidades que parece sin límites y susceptible de transformar profundamente las representaciones sociales. El doble movimiento de biologización de las técnicas y de tecnificación de la vida podrá aparejar la pérdida de las distinciones tradicionales entre el mundo inerte y el mundo vivo, el reino animal y la especificidad humana, entre sistemas naturales y sistemas artificiales. La apropiación de datos biológicos por teorías criticables como la de la sociobiología puede

llegar a justificar un "darwinismo social" muy peligroso, sobre todo si se tiene en cuenta que la bioindustria debe hacer concesiones a la ley del mercado y a la guerra económica mundial. La anastomosis progresiva entre la informatización cada vez más grande de la vida pública y privada (el ascenso de las "ticas") y el enfoque mecanicista, tecnicista y productivista, podría, en ausencia de todo control, conducirnos al "mejor de los mundos mercático". Existen ya peligros éticos manifiestos, nacidos del encuentro entre las nuevas proezas técnicas y los deseos y fantasmas sociales (eugenesia, comercialización del cuerpo, capacidad de patentar la vida recombinada...). Estos problemas no serán de competencia exclusiva de la "bioética" (valoración ética de los nuevos comportamientos), sino también de la "geoética", es decir, de la proyección espontánea de disparidades entre las condiciones de existencia que se producen, en el plano biomédico, en las distintas regiones del planeta: por ejemplo, gastos "de confort" de los países ricos frente a necesidades elementales no satisfechas en los países en vías de desarrollo.



De las biotecnologías puede salir tanto lo mejor como lo peor. De allí la urgencia por regular y humanizar el desarrollo tecnocientífico y bioindustrial, por "sistematizar" el conjunto de los actores a nivel planetario, con el fin de informarlos y responsabilizarlos: investigadores, médicos, industriales, técnicos, gobiernos, organizaciones internacionales, medios de comunicación, redes de organizaciones no gubernamentales y asociaciones (humanitarias, tercermundistas, de protección del medio ambiente, del consumidor...), etcétera.

De todos depende que las biotecnologías se transformen en cuerno de la abundancia... o en caja de Pandora.

Jacques ROBIN y Guy BENEY
Traducción de Gustavo Perdomo

(Publicado en *LES CAHIERS FRANÇAIS* n° 232, jul - set de 1987)

Los subtítulos pertenecen a la Documentation française.

(1) *Ingeniería genética*: Conjunto de conceptos y tecnologías que permiten reacomodar los genes, modificando de esta manera el patrimonio genético de la célula (permite por ejemplo suprimir o introducir ciertos caracteres).

(2) *Híbrido*: Célula híbrida que surge de la fusión de una célula de linfocito tumoral (por lo tanto inmortal) y de un linfocito B, que hace posible la segregación de anticuerpos. Los anticuerpos segregados por un híbrido reciben el nombre de "monoclonales".

(3) *Bioconversión*: Término general aplicado a la transfor-

Documentation française

mación de una sustancia en uno o varios productos por catálisis biológica. Una bioconversión está basada en el empleo de un agente biológico, molécula o célula, dotado de propiedades enzimáticas convenientes.

(4) *Biocaptador*: Dispositivo de detección cuyo mecanismo se basa en la asociación de componentes biológicos y componentes electrónicos. Un biocaptador permite medir un parámetro físico, químico o biológico.

(5) *Anticuerpos monoclonales*: Anticuerpos producidos por un clon de linfocitos B específico de un determinante antigénico. Son producidos en gran cantidad gracias a los hibridomas. Su utilización es muy diversa: auxiliar terapéutico, base de diagnósticos por inmuno-ensayo, elemento coadyuvante en la purificación...

Clon: Conjunto de células u organismo salidos de una sola célula o de un único organismo inicial, que poseen entonces en su totalidad el mismo patrimonio genético. Por extensión, se habla de clonaje de genes para designar la técnica de aislamiento y amplificación de fragmentos de ADN en un clon celular.

(6) *Fermentación*: Bioconversión que utiliza microorganismos. Este término, que al principio sólo designaba a los cultivos en ausencia de oxígeno, abarca ahora a todos los cultivos de microorganismo. Una fermentación se lleva a cabo en un fermentador. Los biocaptadores asociados permiten conducir el proceso de manera automatizada. La palabra fermentación designa también a un tipo bioquímico de degradación de compuestos orgánicos en la célula.

Bibliografía

Biofutur, "Magazine européen des biotechnologies" (29, rue Buffon, 75005 Paris. Tel.: (1) 47.07.11.22). Véase, en particular, los números de junio y octubre de 1984, setiembre de 1985, marzo y noviembre de 1986, junio de 1987.

P. DARBON, J. ROBIN (obra coordinada por), *Le jaillissement des biotechnologies*, Fondation Diderot-Fayard, 1987.

F. GROS, "Progrès de la biologie et des technologies du vivant", en *Prospectives 2005*, Economica, 1987, pp. 231-276.

"L'avenir des biotechnologies", *La Recherche*, número especial, 188, mayo de 1987.

Les biotechnologies. Quels choix? Quels risques? Quelle société?, actas del coloquio organizado por "Les Amis de la Terre", del 24 al 25 de abril de 1987. Les Amis de la Terre, 15 rue Gambey, 75011 Paris.

A. SASSON, *Les biotechnologies, défis ou promesses*, UNESCO, colección "Sextant", 1983, vol. 2 (reimpreso en 1985); *Quelles biotechnologies pour les pays en voie de développement?* Biofutur y UNESCO, 1986.

