

INT-1070

VERSION PRELIMINAR  
sólo para comentarios

Octubre 1985



LA INFORMATICA Y OTRO DESARROLLO PARA LA REGION

Rodrigo García \*/

---

\*/ Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.



INDICE



	<u>Página</u>
Introducción -----	1
I. LA CRISIS ESTRUCTURAL DEL DESARROLLO Y LA INFORMACION -----	3
1. La materia-energía y el proceso económico -----	3
2. Hacia nuevos estilos de desarrollo -----	5
3. La información en los nuevos estilos de desarrollo -----	8
II. LA TECNOLOGIA -----	11
1. El desarrollo tecnológico -----	12
2. La tecnología, la seguridad nacional y la autonomía -----	17
3. Transferencia de tecnología -----	19
III. LA INFORMATICA -----	22
1. La quinta generación de computadores, la inteli- gencia artificial y la profundidad de las transfor- maciones en curso -----	23
2. El impacto social de la tecnología informática ----	27
IV. LINEAMIENTOS PARA POLITICAS SOBRE INFORMATICA EN LA REGION -----	30
1. Importancia del Estado en el desarrollo de la informática -----	31
2. Articulación tecnológica, económica y social ----	33
a) La política educacional -----	34
b) La política industrial -----	36
c) La política de seguridad social -----	37
3. Integración regional en el sector informática ----	38
4. Medidas posibles para el corto plazo -----	41
ANEXO I. ENTROPIA E INFORMACION -----	44
REFERENCIAS -----	46

## Introducción

Frente a las carencias sociales y económicas tan importantes que se evidencian en los países de la región, como la pobreza extrema en que viven amplios sectores de la población, la contracción del ingreso real por habitante, el crecimiento del desempleo, la heterogeneidad económica y social, entre una larga lista de problemas y fenómenos interrelacionados, cabe legítimamente preguntarse si la informática es o no una cuestión prioritaria en la región. Dadas las características de nuestros países, la alimentación, la educación, la salud y la articulación socioeconómica parecen temas mucho más urgentes. Sin embargo, la flexible potencialidad que presenta la tecnología informática nos hace pensar que una orientación adecuada de los usos tecnológicos es precisamente el camino hacia la satisfacción de las necesidades más apremiantes en la región.

La tesis anterior, junto a aquella otra que sostiene la necesidad de cambiar las concepciones y formas vigentes de desarrollo en la región, constituyen la idea fundamental que aquí se sustenta y que otorga el título al presente trabajo.

La línea de pensamiento parte efectuando una crítica profunda a las formas de desarrollo de la civilización industrial basadas en una descontrolada degradación de materia-energía que la han conducido a la presente crisis que se manifiesta en la creciente dificultad de acceso a los menguantes recursos naturales y en el desmedido incremento de la contaminación del medio ambiente. De ahí la necesidad de buscar otras formas de desarrollo menos dependientes de la materia-energía y más ligadas a lo inmaterial: el desarrollo cultural y del conocimiento, es decir, procesamiento y clasificación inteligente de la información. Aquí aparece la informática, como tecnología amplificadora de la información, capaz de viabilizar un "otro desarrollo" más armónico con un mundo materialmente finito. Lo que conduce a que los países de la región busquen un estilo no imitativo de desarrollo utilizando la informática no como en los países del centro, sino como ayuda en la superación de sus carencias más apremiantes.

Junto con sustentar esa línea de pensamiento, la intención fundamental de este trabajo es contribuir a la apertura de la discusión sobre un tema de vital importancia para entender las profundas transformaciones que ya golpean a nuestra sociedad.

Por último, y como nota aclaratoria conviene dejar establecido que en este trabajo entenderemos por tecnología informática o complejo informática-electrónica a un conjunto de tecnologías afines y que está constituido fundamentalmente por la computación, los sistemas de control automático, el control numérico, la robótica y todas las tecnologías relacionadas con las telecomunicaciones.

## I. LA CRISIS ESTRUCTURAL DEL DESARROLLO Y LA INFORMACION

Existe consenso general de que está en curso una revolución tecnológica que afectará prácticamente todas las actividades humanas. También hay acuerdo en señalar al complejo informática-electrónica y a la bioingeniería como impulsores principales de esas transformaciones.

El objetivo de este capítulo es mostrar que tal revolución es consecuencia de la crisis estructural que experimenta el proceso de desarrollo económico mundial, y que conforme a las ideas que aquí se sustentan, se encuentra afectado hasta sus concepciones más profundas.

La crisis de materia-energía que presenta actualmente nuestro planeta se aprecia por una parte en el agotamiento o cada vez más difícil acceso a los recursos naturales; y por otra, en el persistente incremento de la contaminación y de todo tipo de desórdenes desde lo material en la acumulación de residuos hasta lo social en la creciente ingobernabilidad de las instituciones.

Las restricciones de tipo material hacen que las nuevas concepciones de desarrollo tengan que privilegiar lo inmaterial, es decir, la información, el conocimiento y la cultura frente al consumo o degradación de materia-energía que hasta ahora han caracterizado a las actuales formas de desarrollo.

Las nuevas tecnologías, en la medida que incluyen la potencialidad de un salto cualitativo en el manejo y la amplificación de la información y del conocimiento, contienen la posibilidad de concebir nuevos estilos de desarrollo acordes con un mundo materialmente finito y con una humanidad de potencial cultural inconmensurable.

### 1. La materia-energía y el proceso económico

En un esfuerzo de reflexión para vislumbrar el motivo por el cual la sociedad se encamina en forma tan decidida y acelerada hacia la intensificación y masificación de nuevas tecnologías, parece necesario introducir en el análisis algunos conceptos provenientes de la física y que se relacionan con la energía.

La ley de conservación de la materia-energía (primera ley de la termodinámica) afirma que ésta no puede ser creada ni destruida, sólo transformada. La ley de entropía corrige: "sólo degradada".

La ley de entropía (segunda ley de la termodinámica), por tener un contenido muy amplio ha sido expresada de muchas formas. De manera resumida afirma: "En un sistema cerrado la materia-energía se transforma (degrada) continuamente desde un estado utilizable o de baja entropía (estado de orden y/o concentración) a un estado no utilizable o de alta entropía (estado de desorden y/o disipación). Este proceso sólo puede ser revertido incorporando al sistema baja entropía (materia-energía utilizable) desde el exterior, provocando en el exterior un incremento de entropía mayor que el decremento conseguido al interior del sistema". 1/

Albert Einstein meditando sobre cuál de las leyes de la ciencia merecía ser calificada como la ley suprema, expresó su opinión de esta manera:

"Una teoría es más impresionante mientras mayor es la simplicidad de sus premisas, mientras más distintas son las clases de cosas que relaciona y mientras mayor es su rango de aplicabilidad. En ese sentido, la termodinámica clásica es la que me ha causado la más profunda impresión. Es la única teoría física, de contenido universal de la que estoy convencido que dentro del marco de aplicabilidad de sus conceptos básicos estará siempre vigente". 2/

Respecto de su rango de aplicabilidad, podemos decir que en el campo de la biología, por ejemplo, el fenómeno de la vida consiste en compensar la continua degradación entrópica mediante la absorción de baja entropía y la expulsión de alta entropía. Cualquier organismo vivo, para permanecer en ese estado, absorbe del medio ambiente baja entropía (energía utilizable, alimentos), y expelle hacia éste alta entropía (residuos, calor residual).

Del mismo modo, el proceso económico de producción, cuyo objetivo fundamental es mantener viva una sociedad, interactúa con el medio ambiente absorbiendo materia-energía de baja entropía (recursos naturales) y expulsando materia-energía de alta entropía (calor residual, desperdicios, polución).

Las sociedades industriales actuales se basan en el empleo de potencia, que es la velocidad con que se obtiene trabajo útil a partir de energía de baja entropía. Esta es la forma de sustituir y amplificar el trabajo muscular (humano y animal), que en las sociedades anteriores fue la única fuente de trabajo mecánico útil.

Las sociedades no industriales (cazadoras o agrícolas) se sustentaron haciendo uso del flujo energético solar que capta la vegetación, convirtiendo la energía de hierba a carne, de madera a calor. En cambio los patrones de consumo y el crecimiento de las economías de las sociedades industriales sólo se sustentan gracias al uso del stock energético solar que se almacenó durante los últimos seiscientos millones de años en los combustibles fósiles (carbón, pizarras bituminosas, petróleo y gas natural).

Las restricciones provenientes del agotamiento de este stock obligan a la investigación y desarrollo de un nuevo sistema energético que dependa del flujo solar que, además de ser renovable, presenta la ventaja de ser limpio. Esto es muy importante pues más agobiante que el agotamiento del stock de recursos es la limitación que impone el medio ambiente en cuanto a la acumulación de residuos o contaminación. En efecto, el flujo actual de materia-energía en las sociedades industriales produce desperdicios y aguas ácidas en los procesos mineros; derrames de petróleo en los pozos y en el transporte; residuos radioactivos en las centrales nucleares; y en general, todo el proceso produce calor residual. A mediano plazo la principal limitación al consumo de energía será la imposibilidad termodinámica de eliminar el calor residual.

Conviene en este punto aclarar que la naturaleza entrópica del proceso económico hace que no exista la posibilidad de reciclaje perpetuo de los residuos del proceso, puesto que en virtud de la ley de entropía, para reciclar se requiere inyectar al sistema una cantidad de materia-energía de baja entropía mayor que el decremento de entropía de la materia-energía reciclada.

El crecimiento indefinido del consumo (o mejor dicho, degradación) de materia-energía es físicamente imposible. Aun sin una base termodinámica, esta aseveración se está haciendo cada vez más evidente, como lo es también la imposibilidad del crecimiento indefinido de la población humana.

## 2. Hacia nuevos estilos de desarrollo

Aunque el estilo de desarrollo exhibido por los países centrales (deficientemente imitado por algunos países de la periferia) ha logrado que una parte de la humanidad tenga sus necesidades básicas satisfechas, es preciso aclarar que esto ha sido a costa de una explotación masiva de los stocks de materia-energía del planeta provocando su rápido agotamiento y daños ecológicos irreversibles.

Esto implica que la imitación de tal estilo de desarrollo por parte de los países de la periferia constituye una imposibilidad termodinámica y un suicidio ecológico, por cuanto una buena parte de los recursos del planeta ya han sido consumidos en el logro del actual nivel de desarrollo de los países centrales y la consiguiente carga entrópica global en muchos sectores ya no admite incrementos.

Ello nos induce a revisar las concepciones corrientes sobre desarrollo, especialmente aquéllas que hacen del desarrollo un sinónimo del incremento del consumo material per cápita. Mientras la sociedad no cuente con una tecnología que le permita vivir del flujo energético, la ley de entropía se hará presente impidiendo el avance constante del consumo y presentando fenómenos cada vez más nítidos. Los ejemplos que la ecología ha comenzado a mostrar, como la exterminación de miles de especies en las profundidades del Mar del Norte, Mediterráneo y grandes lagos de América del Norte, ya no son sólo nítidos sino que dramáticos.

La revisión de las concepciones sobre el actual estilo de desarrollo nos lleva a pensar que no sólo el estilo de los países periféricos debe ser revisado. El paradigma del estilo de desarrollo vigente se encuentra en los países del centro. Este modelo ha hecho caso omiso de las leyes de la materia-energía basado en la tesis que el poder del avance tecnológico es ilimitado, permitiendo siempre encontrar un sustituto para el recurso que se agote y para incrementar la productividad de cualquier tipo de materia-energía. Esta tesis, como otras similares, seguramente obedece a una metafísica que ha prevalecido en el mundo moderno que se sustenta en la convicción profunda de una humanidad inmortal, capaz de superar cualquier limitación. Esto significa que por un acto de fe la actual civilización ha comprometido el futuro de las próximas generaciones consumiendo recursos de stock en exceso antes que la tecnología haya demostrado la veracidad de esa tesis.

Lo dudoso de aquella convicción puede ilustrarse con la confianza que existía hasta hace poco respecto a que los combustibles fósiles serían sustituidos por la energía nuclear. Aun antes de la serie de accidentes de tipo Three Mile Island, la fisión nuclear mostró que tanto los altos costos

de producción como las graves implicancias en la salud y en la seguridad impiden la masificación de tal transformación energética. Si los residuos de la fisión deben permanecer enterrados y bien sellados por veinticinco mil años antes de ser inofensivos puede comprenderse que esta tecnología además de inviable es inhumana. Ante la desilusión de la fisión vino la promesa de la fusión nuclear que enfrenta problemas técnicos mayores, como que la reacción nuclear requiere una temperatura de cien millones de grados centígrados por lo que no existe ningún material capaz de conformar un recipiente que contenga esa reacción, lo que ha obligado a encaminar la investigación hacia la construcción de un "recipiente" que sea una trampa magnética. Ciertamente este tema que pertenece a la física del plasma puede ser emocionante, pero es de temer que la fusión nuclear en cuanto a usos útiles corra similar suerte que la fisión. <sup>3/</sup> Probablemente tal tipo de reacción sólo pueda ocurrir en forma segura para la humanidad en el espacio sideral, tal como viene ocurriendo en el sol desde hace millones de años sin que la ciencia y la tecnología hayan destinado un esfuerzo importante para concentrar y por tanto hacer utilizable aquella energía que libremente intercepta nuestro planeta.

Los llamados a impedir la destrucción progresiva de los recursos del planeta o a mejorar las condiciones del medio ambiente también revelan una confusión de conceptos termodinámicos puesto que no se puede revertir el paso del tiempo o el incremento de entropía. La verdad es que en el mejor de los casos lo que la humanidad puede hacer es impedir la degradación innecesaria de materia-energía, entendiendo por necesaria la degradación que sustenta una calidad de vida digna, teniendo presente que cualquier exceso en la degradación no solamente es una extravagancia sino significa acortar el período de viabilidad de la humanidad, lo que constituye un problema ético en la medida que afecta la vida de las generaciones futuras. Así, a este nivel de abstracción podemos decir que el primer problema que enfrenta la definición de un estilo de desarrollo es de carácter metafísico y especialmente ético, por cuanto debe definir el nivel de degradación de materia-energía que otorga una calidad de vida digna a las generaciones presentes afectando lo menos posible tanto la calidad de vida de las generaciones futuras como el período de permanencia de la humanidad.

### 3. La información en los nuevos estilos de desarrollo

La actual sociedad en transformación tendrá que generar importantes innovaciones científicas y tecnológicas para reducir la contaminación, aumentar el rendimiento del sistema, controlar los productos residuales y aliviar los efectos de la limitación que impone el agotamiento de los recursos de stock.

Esas innovaciones, en cuyo éxito tendrá que fundarse la existencia de la nueva sociedad, sólo serán factibles mediante la obtención de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos que podrán generarse realizando un tratamiento inteligente y masivo de la información. Este parece ser el papel vital que ya ha comenzado a jugar el complejo informática-electrónica en la transformación de la sociedad.

La posibilidad que la informática alivie la carga entrópica de la sociedad podría reforzarse a un nivel más profundo de abstracción mostrando mediante conceptos probabilísticos que existe una identificación entre información y baja entropía.

La teoría de la información, independientemente de cualquier consideración termodinámica, llegó a definir matemáticamente una función entropía, como medida de la incertidumbre, que tiene la misma representación funcional que la función entropía de la termodinámica. También se pudo haber llegado a lo mismo partiendo desde la termodinámica con el concepto de entropía de mezcla y definiendo la información como el número de decisiones necesarias para reordenar una mezcla, puesto que ambas entropías, la informática y la termodinámica, son una misma concepción.

El nivel de intimidad en que se encuentran relacionados la energía y la información, ha provocado la aseveración: "El aumento de entropía significa disminución de la información, nada más". <sup>4/</sup> Y genera la ilusión que la intensificación de la información podría aliviar la carga entrópica de la sociedad.

Todo parece indicar que las dificultades que producirá una disminución del consumo de energía serán atenuadas por el incremento de la información. Un ejemplo de este fenómeno sería el reemplazo de una buena proporción del transporte de personas (actividad de gran consumo o degradación energética) por un incremento de la calidad y cantidad de los sistemas de comunicaciones (actividad de bajo consumo energético).

En el sector industrial, en cambio, en lugar de un reemplazo de energía por información, se vislumbra un ahorro energético por la vía de las mejoras de rendimiento que conlleva la introducción de las innovaciones informático-electrónicas en los sistemas de producción.

Tanto en el caso del transporte, como en el de la industria, mencionados a título de ejemplo, el incremento informático induce ahorros en el consumo y mejoras en el rendimiento de las transformaciones de energía con la consecuente disminución en la producción de residuos. Pero esto no libera a la sociedad de su dependencia del menguante stock de recursos energéticos y del creciente almacenamiento de alta entropía o polución.

La necesidad imperiosa de encontrar una fuente energética que no aumente la carga de calor del planeta implica descubrir una tecnología que permita transformar directamente el flujo energético solar en trabajo mecánico útil. Tal descubrimiento puede ser facilitado y acelerado mediante la ayuda intensiva de la informática en la investigación científica y tecnológica.

Los países de la región, que enfrentan esta transformación estructural de la sociedad con una industrialización incompleta, con economías desarticuladas y con carencias sociales enormes, tendrán una tarea mucho más pesada que los países centrales por cuanto requerirán de esfuerzos imaginativos importantes en el establecimiento de la correcta ubicación de metas realistas y viables.

En ese sentido, probablemente haya que comenzar por liberarse del concepto de brecha tecnológica que es un reflejo de una cierta falta de imaginación. En efecto, se ha definido como brecha tecnológica la distancia que existe entre dos estados de desarrollo tecnológico mediante la comparación entre un nivel bajo de tecnología en un país periférico y un nivel alto de tecnología en un país central. Lógicamente el concepto de brecha, que denota distancia, sólo existe en la medida que el país periférico pretende o intenta llegar al estado tecnológico del país central. De lo contrario, si el país periférico tiene aspiraciones de metas distintas, la brecha se desvanece.

La razón de ser de la tecnología no puede ser otra que la satisfacción de necesidades, por lo tanto la tecnología que un país periférico desarrolle o adopte estará perfectamente al día en la medida que sea capaz de satisfacer sus necesidades internas, aunque esté a mucha distancia del nivel tecnológico de un país central. Ciertamente esta concepción elimina la idea de brecha, lo que permite a un país periférico definir su propio destino, o mejor dicho, definir dinámicamente los objetivos sociales que atienden equitativamente las necesidades de toda la población.

Así, tanto la introducción de tecnología externa como los desarrollos de tecnología propia en los países de la región tendrán que ser orientados hacia la comunicación y articulación entre las ramas de nuestras economías y hacia la satisfacción de las necesidades sociales más urgentes.

## II. LA TECNOLOGIA

Desde hace tiempo se ha argumentado que la tecnología podría ser causante de los problemas sociales en los países de la región, indicando que se ha introducido en la periferia una tecnología diseñada y apropiada a las condiciones de los países del centro. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que los problemas generados, como la distribución regresiva del ingreso o las pautas de consumo orientadas a una minoría de la población, no son inherentes a una u otra tecnología, sino son producto de relaciones sociales inequitativas originadas por cuotas desiguales de acceso al poder político. La tecnología, en esencia tiene como objetivo lograr la satisfacción de necesidades con el mínimo esfuerzo; las formas de apropiación de sus beneficios están fuera de su dominio.

Sin embargo, es importante tener presente que, aunque una tecnología pueda ser socialmente neutra, las consecuencias de su aplicación se traducen en importantes transformaciones sociales. Pero la dirección que tomen esas transformaciones depende de las acciones políticas que orientan el destino de las innovaciones.

La tecnología moderna ha sido acusada también de alienante o deshumanizadora. Sin embargo, una tecnología puede ser intrínsecamente buena y lo que pueda ser alienante es su forma de adaptación o su uso por una sociedad. Una misma tecnología puede ser usada con fines bélicos o pacíficos. La televisión, por ejemplo, es una tecnología de gran utilidad en el campo de la información, pero es utilizada insistentemente para fomentar formas precoces o superfluas de consumo, importante motor capaz de dinamizar el actual sistema socioeconómico dentro de las concepciones de desarrollo vigentes. En efecto, la publicidad televisiva mediante métodos que en algunos casos utilizan la percepción subliminal, crea necesidades ficticias a la sociedad con el objeto de generar demandas que interesan al sistema productivo. Esta parece ser la razón por la cual nuestra sociedad, teniendo un sistema educacional totalmente programado y controlado, permite formas de educación casi hipnóticas mediante una publicidad no controlada. Así, lo alienante es la compulsión al consumo inducida por la publicidad, y no una tecnología cuyo objetivo es transmitir información mediante una lluvia de rayos catódicos sobre una pantalla.

El ejemplo de la televisión no es más que un pequeño reflejo de un fenómeno mucho más profundo que consiste en la sumisión de los principios metafísicos a los paradigmas generados por las ciencias naturales y la tecnología. Ello se debe a que las ciencias naturales han superado en velocidad a la metafísica y a las ciencias sociales provocando el descontrol de los usos tecnológicos, que en muchos casos resultan más nocivos que beneficiosos a la sociedad. Que algo pueda ser fabricado no significa que deba ser fabricado. La tecnología ha pasado a ser el "cómo" y el "qué" de la producción. El "qué" en verdad corresponde a la política respaldada por las ciencias sociales.

Las nuevas tecnologías, en especial la informática-electrónica traen inmersas en su seno grandes posibilidades y esperanzas: un sustantivo incremento de la productividad, una liberación del ser humano de las actividades no creativas, la posibilidad de una nueva concepción del desarrollo con un estilo más equitativo en la distribución del excedente, y sobre todo la posibilidad de prolongar y sustentar la vida de la sociedad mediante la generación de nuevos conocimientos.

Si estas esperanzas emergen a la realidad o permanecen inmersas, no depende del potencial de la tecnología, sino de la sabiduría reflejada en los sistemas socioeconómicos y políticos que adopte la sociedad.

#### 1. El desarrollo tecnológico

Antes de hablar de políticas sobre informática o cualquier política tecnológica, conviene establecer una concepción clara sobre tecnología y una visión sistémica del desarrollo tecnológico.

Debido a que la palabra tecnología ha sido desgastada por la publicidad desvirtuándola hasta hacerla concebir como una mercancía transable, es necesario establecer su verdadero significado. Tecnología es en esencia conocimiento y por lo tanto su adquisición significa aprender y no comprar.

Así como el conjunto del conocimiento de un país o una colectividad forma parte de su cultura, también la tecnología es parte importante de esa cultura, y en ese sentido es una cualidad colectiva.

Esta connotación colectiva es la que permite una concepción sistémica del desarrollo tecnológico distinguiendo tres categorías de conocimiento distintas pero inseparables en la medida que constituyen un sistema. Primero, tecnología de creación, que es el conocimiento que capacita para la investigación y desarrollo de tecnología y para la elaboración del proyecto y diseño de nuevos equipamientos. Segundo, tecnología de producción, que es el conocimiento que capacita para la fabricación económica del equipamiento cumpliendo cualitativa y cuantitativamente con la especificación del proyecto. Tercero, tecnología de utilización, que es el conocimiento que capacita para el uso eficiente del equipamiento que mejora la productividad y alivia el trabajo humano.

Estas tres categorías de conocimiento se alimentan y se retroalimentan recíprocamente conformando un sistema. En efecto, el desarrollo tecnológico se genera por la interacción de estos tres núcleos de conocimiento, como se muestra en la figura 1.

En la representación del sistema se aprecia que la tecnología de creación recibe como entrada los requerimientos de nuevos productos con sus especificaciones funcionales de la tecnología de utilización y las restricciones de fabricación de la tecnología de producción; entregando como salida los resultados de la investigación y desarrollo en la forma de proyectos y diseños para la tecnología de producción, y como información sobre restricciones tecnológicas actuales en el desarrollo de ciertos productos para la tecnología de utilización. A su vez la tecnología de producción se alimenta de los proyectos y diseños de la tecnología de creación y de las restricciones cualitativas y económicas que imponen los usuarios que constituyen la tecnología de utilización; entregando como salida los equipamientos para la tecnología de utilización y las restricciones de fabricación para la tecnología de creación. Puede apreciarse también que el circuito exterior que tiene sentido dextrógiro está formado por las especificaciones funcionales, los proyectos y diseños, y por los productos (bienes de capital), y constituye el motor del desarrollo tecnológico; mientras que el circuito interior que tiene sentido levógiro está formado por las restricciones de usuarios, de fabricación y tecnológicas, y constituye el freno o el regulador de velocidad del desarrollo tecnológico, puesto que en esencia las restricciones representan en cada caso tanto la frontera del conocimiento, como la viabilidad económica e industrial.

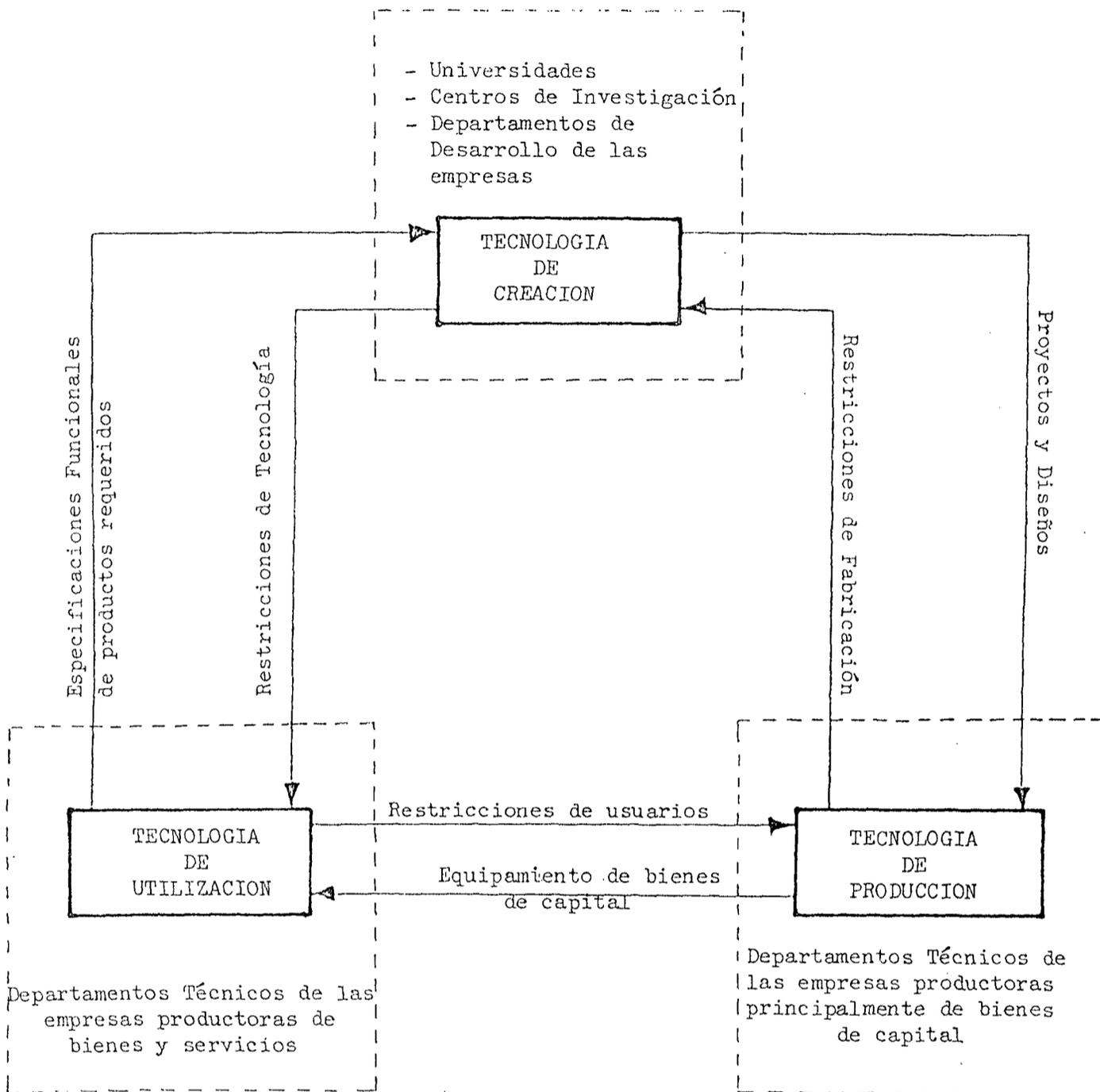


FIGURA 1 - REPRESENTACION SISTEMICA DEL DESARROLLO TECNOLOGICO

En la teoría de sistemas la palabra sistema es fundamentalmente un término para designar la "conectividad" de los elementos entre sí. Es decir un sistema es tal en la medida que sea un sistema de relaciones, lo que significa que todo sistema tiene un tipo de relaciones o vínculos que pone en comunicación a los diferentes elementos que lo integran. Estas relaciones transmiten información y cada elemento del sistema hará o dejará de hacer algo cuando la información llegue a él. Sintetizando podemos decir que un sistema es una red de relaciones de información que ponen en funcionamiento a los diferentes elementos que lo constituyen.

Las relaciones que cierran el sistema que representa el desarrollo tecnológico contienen fundamentalmente información. En el caso del circuito motriz (exterior) estas conexiones llevan la información que activa al elemento receptor. Así, la tecnología de creación se activa con las solicitudes de nuevos bienes y servicios que requiere el sistema económico, la tecnología de producción se activa con los nuevos proyectos y diseños, y la tecnología de utilización se activa con las mejoras que induce la utilización de herramientas más productivas. Resulta evidente que este circuito se autodinamiza y podría acelerarse indefinidamente a no ser por la existencia del circuito regulador (interior) cuyas conexiones retro-alimentan a los elementos con la información que contienen las restricciones de conocimiento tecnológico, de viabilidad económica y de capacidad de la infraestructura física.

Los países tecnológicamente autónomos cuentan con las tres categorías de tecnología estrechamente ligadas presentes en el país y de manera general diseminadas aproximadamente así: la tecnología de creación se genera en las universidades, en los centros de investigación y en los departamentos de desarrollo de las empresas; la tecnología de producción reside y se genera fundamentalmente en los departamentos técnicos de las empresas productoras de bienes de capital; la tecnología de utilización se encuentra en los departamentos técnicos de las empresas productoras de bienes de consumo y de servicios. Cabe destacar que en el caso de la informática la tecnología de utilización se encuentra en los tres núcleos de conocimiento, puesto que se la utiliza en las universidades y en todo tipo de empresa como elemento

administrador de la información. Esto nos lleva a la interesante observación que la informática es una tecnología auxiliar y amplificadora de todas las demás por cuanto refuerza la red de relaciones de información que dinamizan los elementos constitutivos de cualquier sistema.

Los países tecnológicamente dependientes en general cuentan solamente con la tecnología de utilización, permaneciendo en el exterior las otras dos categorías de conocimiento, lo que impide la creación de los lazos de información que constituyen los circuitos motrices del desarrollo tecnológico. La carencia de cualquiera de estos núcleos hace que los otros desvíen su actividad malogrando su función primordial. Un ejemplo cercano lo constituyen los países de la región, que al no incorporar en su industrialización a la industria de bienes de capital, en muchas áreas el circuito tecnológico quedó incompleto al faltar la tecnología de producción. Esto hizo que los otros núcleos erraran su objetivo hacia metas secundarias carentes de dinamismo. Aquí podemos introducir la tecnología informática como ejemplo: varios países de la región utilizan profusamente sistemas informáticos, especialmente de computación, en los aparatos productivos de varias ramas de sus economías, por lo que cuentan con una cierta tecnología de utilización; simultáneamente cuentan con buenas universidades con lo que podrían constituir la tecnología creativa, pero al no contar con industria de computación no logran cerrar el circuito y las universidades entran entonces en un círculo vicioso al formar profesionales solamente para la tecnología de utilización, técnicos para ser usuarios de la computación, impartiendo enseñanza de lenguajes computacionales y no de arquitectura de computadores. En los pocos casos en que se forman profesionales adiestrados en la tecnología avanzada, éstos muchas veces deben emigrar por falta de puestos de trabajo donde aplicar y ampliar sus conocimientos.

Todo lo anterior nos lleva a establecer la necesidad de que una política tecnológica venga acompañada de una política educacional, una política de investigación y desarrollo, y de una política industrial que contemple usuarios y bienes de capital.

## 2. La tecnología, la seguridad nacional y la autonomía

La creciente expansión del complejo informática-electrónica hacia todos los sectores de las economías modernas y la vulnerabilidad de los países tecnológicamente dependientes, generan la necesidad de replantear el fenómeno del avance tecnológico adoptando otro enfoque sobre la seguridad nacional. En efecto, las concepciones sobre seguridad nacional han tenido hasta la fecha en los países de la región una connotación netamente militar. Parece haber llegado la hora de ampliar estas concepciones hacia otros campos.

Aquí, por seguridad nacional nos estamos refiriendo a grados de autonomía del proceso productivo nacional. Así, desde ese punto de vista el nivel más profundo de seguridad de una nación se daría cuando es capaz de no sólo proveer los bienes y servicios imprescindibles para su población como también poseer autonomía en recursos naturales y tecnología propia. Partiendo de ese nivel absoluto de seguridad, por cierto utópico, pueden definirse distintos grados de seguridad nacional y, por contrapartida, diferentes matices o niveles de dependencia.

Así, un país puede sostener su proceso productivo siendo autónomo en recursos naturales pero depender de la tecnología que debe utilizar. O bien, desde otra perspectiva, poseer autonomía tecnológica y depender de recursos naturales (materia-energía) que no posee. Sin embargo, esos son tipos de dependencia que no se equivalen en sus consecuencias.

En ese sentido, es interesante notar que la dependencia del abastecimiento externo de materia-energía es en esencia mucho más crítica que la dependencia de tecnología externa, puesto que en el flujo de materia-energía está en juego la subsistencia de la sociedad, mientras que en el uso de una u otra tecnología está en juego solamente una diferencia de productividad. Sin embargo, resulta paradójico apreciar que las naciones más desarrolladas son las que poseen autonomía tecnológica aun careciendo de recursos naturales. Como ejemplo tenemos el caso de la mayoría de los países de la región, que son ricos en materia-energía pero poco desarrollados; y la mayoría de los países de Europa y Japón, que son menos dotados en materia-energía pero desarrollados.

Solamente las concentraciones geográficas en la generación del conocimiento especializado permiten explicar tal paradoja. El poder que otorga el dominio de la tecnología (conocimiento) ha permitido que la distribución geográfica del consumo de materia-energía tenga escasa relación con la distribución geográfica de las riquezas naturales. Es evidente que el grado de autonomía tecnológica muestra una correlación estrecha con el grado de desarrollo de las naciones; podríamos decir que autonomía tecnológica es casi una precondition para el desarrollo.

A juzgar por los montos de inversión que se vienen efectuando en el complejo informática-electrónica, los países del centro parecen tener muy claro que una fuente importante de poder está en el conocimiento. El deseo de mantener su hegemonía en las relaciones internacionales hace que aún las economías más liberales actúen en forma planificada privilegiando la inversión en la investigación y desarrollo de la tecnología informática. El caso de Japón es más agudo por su carencia de recursos naturales y puede ilustrarse con una declaración de un funcionario del Ministerio de Comercio Internacional e Industria:

"Nuestros recursos son limitados y necesitamos un avance tecnológico nipón que nos permita ganar dinero para comer, para comprar petróleo y carbón. Hasta hace poco hemos ido a la zaga de la tecnología extranjera, pero ahora seremos los pioneros de una segunda revolución informática. Si no lo hacemos así, no sobreviviremos". 5/

En cualquier caso conviene tener presente que una tecnología que contiene la potencialidad de amplificación sustantiva de la capacidad intelectual puede determinar un nuevo equilibrio de poder en el mundo. Tal como están planteadas las cosas ahora, la asimetría de poder entre desarrollo y subdesarrollo tenderá a aumentar con la introducción de la nueva tecnología informática. Sólo políticas inteligentes sobre informática en los países de la región podrán atenuar esta tendencia.

Otro punto importante a tener en cuenta para nuestros países es el concepto de autonomía tecnológica en los sectores básicos de la economía. La generalidad de las economías de la región presentan la característica de no tener o tener muy pocos sectores tecnológicamente autónomos desde el punto de vista nacional o regional integrado. La gran mayoría de los sectores básicos de nuestras economías son tecnológicamente dependientes del exterior.

La falta de autonomía tecnológica en los sectores productivos básicos de una economía ha demostrado ser más vulnerable ante una agresión externa que cualquier carencia defensiva militar. El embargo sobre insumos o piezas de repuestos de bienes de capital en un sector básico de una economía periférica por parte de un país central, ha resultado ser una herramienta de presión y un arma mucho más dañina y más utilizable políticamente que la propia fuerza de las armas. Parece ser que en la actualidad las relaciones de poder entre las naciones están más ligadas a la autonomía tecnológica en los sectores básicos que al poderío militar tradicional.

Así, al considerarse algunos lineamientos para la elaboración de políticas en el sector de informática hay que tener en consideración las observaciones anteriores para comprender no sólo lo que viene ocurriendo en los centros sino que, mucho más importante, centrar correctamente las perspectivas de avance para nuestros países.

### 3. Transferencia de tecnología

Debido a que la tecnología, por ser conocimiento, se aprende y no se compra, el fenómeno de la transferencia de tecnología es difícil y requiere de condiciones que no siempre se dan, lo que origina que en muchos casos la transferencia se frustre.

Transferencia de tecnología es el traspaso de conocimiento de una colectividad a otra, que capacita a la colectividad receptora para desarrollar ciertas funciones. Para que la transferencia sea útil, en el sentido de poder adaptar la tecnología a la realidad de la colectividad receptora, y estable, en el sentido de poder posteriormente compensar la rápida obsolescencia, es necesario que el traspaso de conocimiento sea completo, tanto en el sentido de transferir tecnología de creación, de producción y de utilización, como en el sentido de traspasar tecnología desde la frontera del conocimiento hasta los detalles más elementales. De otra manera la transferencia de tecnología puede ser sólo una ilusión que se desvanece rápidamente por obsolescencia y desadaptación. Para que la transferencia tenga estas características se requiere que la entidad que transfiere tenga la intención de hacerlo en forma completa, y que

la entidad que recibe esté capacitada desde el punto de vista profesional y colectivo para aprender toda la gama de conocimientos que conforman la tecnología que se transfiere.

La llamada transferencia de tecnología mediante la instalación de empresas transnacionales en los países de la región se ha caracterizado por no ser completa, por decir lo menos. En general, las empresas transnacionales son el instrumento que materializa un cierto tipo de división internacional del trabajo que es contradictorio con una transferencia adaptable y estable de tecnología. En efecto, la mayoría de las filiales instaladas en los países de la periferia realizan actividades de bajo nivel tecnológico produciendo bienes de consumo, partes triviales de bienes de capital y ensamblando partes producidas en otros países. De esta manera la tecnología permanece bajo el control de la matriz sin transferir un conocimiento técnico completo a la periferia. En el mejor de los casos se transfiere una tecnología parcial, generalmente de utilización, que rápidamente se torna obsoleta o inaplicable por falta de adaptación.

La metodología de producción de las empresas modernas hace prácticamente imposible una transferencia de tecnología en la forma completa como se describió más arriba. En efecto, los actuales métodos de producción de las empresas se caracterizan por una división planificada de la producción estableciendo compartimientos estancos en la línea de producción de tal forma que quienes operan un compartimiento lo hacen en base a una rutina programada que no requiere dominar la tecnología de su propio compartimiento y ni siquiera saber qué actividad se desarrolla en los compartimientos vecinos de la línea productiva. Esto significa que los operadores sólo conocen un manual de operación rutinaria programado, de tal forma que el operador no aporta ni su inteligencia ni su capacidad de decisión. Si además sucede que compartimientos complementarios de una misma línea de producción se encuentran en distintos países, la fracturación de la tecnología es total. En estas condiciones podrá comprenderse que cualquier transferencia tecnológica resulta imposible.

Las empresas transnacionales que operan en sectores de tecnología de punta presentan esta metodología de producción, operativamente dividida

en las filiales que realizan labores de montaje de partes y tecnológicamente concentrada en la matriz que distribuye a sus filiales los manuales de operación que contienen las instrucciones técnicas para ensamblar las partes, que contienen la tecnología, pero que para las filiales sólo representan una "caja negra".

Si el objetivo es la transferencia de tecnología, difícilmente ésta podrá obtenerse mediante la instalación de una empresa transnacional. La experiencia de la región es que estas filiales en general utilizan a los ingenieros nacionales como administradores de personal, como adaptadores de los manuales de montaje o como vendedores técnicos. En tales circunstancias y teniendo en cuenta que muchas empresas basan su poderío en la propiedad de su tecnología, es utópico esperar que por esta vía se transfiera algún tipo de conocimiento tecnológico útil.

### III. LA INFORMATICA

La importancia de la informática en las sociedades modernas es un tema que ha sido discutido y divulgado muy ampliamente. Sin embargo, aun a riesgo de ser redundante, es conveniente enfocar el tema desde el punto de vista de la creciente vinculación con la informática que se ha ido generando en casi todas las ramas productivas y de servicios en las economías modernas.

Los sistemas informáticos de control de producción y de control de gestión empresarial, se han difundido de tal forma en las empresas del sector industrial, que hoy una buena proporción de ejecutivos industriales opina que el sistema informatizado de control se ha convertido en una verdadera necesidad de sus empresas y que la prescindencia de tales sistemas significaría un grave daño a la producción. Por otra parte, en el área de servicios, el sector financiero en general y el bancario en particular, están mostrando informatización no solamente de sus sistemas de gestión, sino además una gran variedad de servicios nuevos sólo son posibles debido al avance del complejo informática-electrónica. Si de otro lado observamos cómo el campo industrial está siendo invadido por los sistemas de control numérico en las máquinas-herramienta y por la robótica en las líneas de producción, podemos percibir que el complejo informática-electrónica, al estar presente no sólo en los sistemas de control y gestión sino también en la misma línea de producción, se está convirtiendo en la red del sistema nervioso del cuerpo productivo de la sociedad.

Todo esto puede ser muy conveniente, especialmente si se considera que la estructuración de esta nueva red nerviosa ha provocado mejoras ostensibles en la productividad de la mayoría de los sectores de las economías informatizadas. Pero este fenómeno tiene una connotación de relacionamiento dependiente que no ha sido suficientemente sopesada. En efecto, nunca antes se había constatado el grado creciente de vinculación subordinada que experimentan la gran mayoría de las ramas productivas, a una sola rama como es la del complejo informática-electrónica. La constatación de este hecho hace que un creciente número de grandes empresas de otras ramas, compren o inviertan en empresas del complejo electrónico; y esto no sólo por

criterios de rentabilidad, sino fundamentalmente porque perciben que la productividad en su propia rama depende cada vez más de la incorporación a su línea productiva de las últimas innovaciones del área informática-electrónica. Así, el objetivo directo de la inversión pasa a ser ganar autonomía tecnológica.

Las nuevas unidades de proceso de la información, cuyo vertiginoso avance y difusión ha sido posible gracias a la invención de los microprocesadores, están invadiendo todos los campos. Los "chips" o micropastillas se han introducido en los automóviles tanto en el motor como en el tablero de control, en las oficinas con la introducción de los procesadores de palabras, fotocopiadoras y microcomputadores, en la industria de bienes de capital en los mecanismos de control de las máquinas-herramienta, en la industria de bienes de consumo durable, en las máquinas de coser y lavar, en el comercio de bienes de consumo, en las cajas registradoras y surtidores de combustibles, en general en todo tipo de instrumentos y herramientas mecánicas y naturalmente en los elementos electrónicos. La lista es inmensa, para terminarla baste decir que hoy una buena parte de la población del mundo lleva una micropastilla en su muñeca.

La potencialidad de esta tecnología ha hecho que la OECD en su informe Interfutures califique al complejo informática-electrónica como "el principal polo de reorganización de las estructuras productivas de las sociedades industriales avanzadas".

1. La quinta generación de computadores, la inteligencia artificial y la profundidad de las transformaciones en curso

La antigua disputa sobre la factibilidad de la inteligencia artificial o la construcción de la máquina pensante parece haberse transformado en una carrera entre los países desarrollados por la construcción de computadores de quinta generación.

Para graficar una definición de lo que será la quinta generación, digamos que con ésta se terminará otra antigua disputa sobre si las máquinas deben llamarse computadores u ordenadores; por sus nuevas características, seguramente existirá consenso en llamarlas razonadores. Serán unas mil veces más rápidas que cualquier máquina de hoy, podrán comprender las palabras escritas y habladas, utilizarán lenguaje hablado y, por sobre todo, razonarán.

La quinta generación diferirá de las anteriores fundamentalmente debido a una nueva concepción en el diseño básico. Las generaciones de computadores se han clasificado basándose en su tecnología central:

- Primera generación (1951-1958), con válvulas electrónicas de vacío;
- Segunda generación (1959-1965), con transistores;
- Tercera generación (1965-1971), con circuitos integrados;
- Cuarta generación (1972-19??), con circuitos integrados a gran escala.

El diseño de estas cuatro generaciones está basado en la concepción global de John von Neumann que se compone de un procesador central, una unidad aritmética, una memoria y dispositivos de entrada y salida; y cuya característica fundamental es que opera en forma secuencial, o en serie, es decir, paso a paso. La quinta generación en cambio, abandonará el esquema von Neumann y operará con arquitecturas paralelas y será capaz no sólo de tratar números, sino también símbolos. 6/

La concepción de la quinta generación está basada en el hecho evidente que la mayor parte de la actividad intelectual es de inferencia y no de cálculo, es decir, razonando y no calculando, de ahí la necesidad que las nuevas máquinas sean capaces de tratar símbolos además de números para procesar programas de razonamiento simbólico. Algunos sistemas precursores en esta materia ya se encuentran funcionando con el nombre de sistemas expertos o sistemas especializados; y aunque todavía a nivel modesto, han demostrado que a un computador se le puede entregar la capacidad de razonar, dentro de algunos límites, como lo haría un médico cuando diagnostica, como un ajedrecista cuando realiza una estrategia o como un químico cuando determina los constituyentes atómicos y la estructura de una molécula.

Las nuevas máquinas trabajarán (los sistemas expertos en forma incipiente ya lo hacen) no sólo con bases de datos sino también con bases de conocimientos; no sólo mediante procesos secuenciales de cálculo, sino también mediante procedimientos de inferencia. Esto significa el procesamiento, además de los datos, de hechos, de hipótesis, de creencias y experiencias o reglas empíricas para hacer conjeturas acertadas (heurística); y significa también que el procesamiento forme líneas de razonamiento como los silogismos o los métodos de encadenamiento regresivo hacia un objetivo. El concepto de base de conocimientos tiene un significado muy hondo e implicaciones

vastas. Entre otras cosas, significa almacenamiento de información sintetizada, condensada, clasificada, en general tratada de modo tal, que ya no es información simple sino conocimiento. Por otra parte, una base de conocimientos dispone del saber que aparece en los textos especializados y que se aprende en las universidades, pero además dispone del saber heurístico, es decir, de la experiencia y de las percepciones de los especialistas que ayudaron a la formulación del programa, en cuanto a reglas empíricas que conducen a plantear suposiciones acertadas. La heurística no garantiza resultados de la forma como lo hacen los algoritmos matemáticos, pero normalmente proporciona los resultados deseados. Todo esto conduce a una característica trascendental de la inteligencia artificial, que consiste en la capacidad de enriquecer la base de conocimientos con las experiencias que obtiene el programa en el procesamiento de cada caso de aplicación, es decir, las máquinas pueden mejorar su comportamiento con su propia experiencia.

Los sistemas basados en el conocimiento pertenecen al campo de lo aplicado, es decir, aplicación de conocimientos a una labor concreta y especializada; difícilmente alguno de estos sistemas podría concebirse para desarrollar teorías generales. Casi podría decirse que toda la inteligencia artificial es aplicada, por cuanto se requieren resultados experimentales que confirmen los supuestos teóricos de la programación. Si un programa no muestra resultados experimentales que puedan calificarse de inteligentes, deben descartarse las bases teóricas inmersas en el programa. La ingeniería del saber, como rama de la inteligencia artificial, no se preocupa por la búsqueda de leyes generales. Actualmente se ocupa fundamentalmente de los sistemas especializados y, dentro de éstos, sobre tres temas prioritarios. Primero, la representación del conocimiento, que consiste en el estudio de las formas de representar el conocimiento específico de un dominio o de una disciplina de trabajo como estructuras de datos en la memoria de un computador de manera accesible para la resolución de problemas. Segundo, la utilización del conocimiento que consiste en el estudio del diseño de los métodos de inferencia simbólica para utilizar el conocimiento en la solución de problemas. Tercero, la obtención del conocimiento, que consiste en el estudio de los métodos para adquirir el conocimiento académico y heurístico de los textos, de la mente de los especialistas y de la propia experiencia del programa inteligente.

Ya existen programas, aunque dentro de campos de aplicación estrechos, que están demostrando comportamiento inteligente en el sentido que se ha descrito. Aun operando en los computadores actuales se ha logrado un cierto grado de éxito en ciertas ramas de la medicina en lo referente a diagnóstico y tratamiento de enfermedades, en química en la determinación de estructuras y componentes moleculares, en geología en prospecciones minerales, en la misma informática en el diagnóstico de fallas de sistemas, en biología en el campo de las estructuras genéticas y en el propio campo de la ingeniería del saber.

Es importante destacar que el campo de los sistemas especializados es un tipo de inteligencia artificial que tiene algunas limitaciones serias. En efecto, la primera limitación es precisamente su especialización, la estrechez de su dominio que obedece al tamaño desmesurado de las bases de conocimientos que requiere cada especialidad, impide un grado adecuado de generalidad y de comportamiento multidisciplinario. Otra limitación, más importante desde el punto de vista conceptual, radica en el hecho que esta clase de inteligencia artificial es esencialmente dependiente de un programa, pudiendo contener mucha inteligencia en cuanto a metodología de razonamiento, pero en su calidad de programa es absolutamente carente de creatividad.

Esta carencia de los sistemas especializados ha dado origen a otra línea de investigación en la inteligencia artificial, que es más cibernética por cuanto se basa fundamentalmente en la investigación del funcionamiento del cerebro humano; y su campo, más que los métodos de razonamiento, son los sistemas de pensamiento. Esta línea sostiene que el pensamiento no es un procesamiento o manipulación regulada de símbolos, sino la ejecución de complejas conexiones interneurales que forman circuitos que se alimentan y retroalimentan recíprocamente.

Sobre esta base, la investigación en la rama cibernética de la inteligencia artificial se conduce hacia el estudio del comportamiento de circuitos densamente conexiónados en el sentido de producir salidas consistentes con las señales de entrada, sin especificar programas que gobiernen el procedimiento, sino dejando que el sistema encuentre solución intentando diferentes conexiónamientos en los circuitos. Este esquema de trabajo conduce a un sistema de procesamiento íntimamente ligado a un hardware flexible y de arquitectura basada en una gran cantidad de líneas de procesamiento

paralelas, con unidades de proceso y de memoria distribuidas en los circuitos en forma difusa, casi sin control central, teniendo como software solamente algunas instrucciones generales de modo que los circuitos libremente (sin programación) encuentren soluciones basándose en conceptos de estados estables provenientes de la mecánica estadística o de la teoría de probabilidades y no en la secuencia lógica de los algoritmos.

Esta concepción de máquina, concentrada en el hardware y basada en la imitación microelectrónica de los descubrimientos neurofisiológicos, corresponde a una tecnología central distinta de la descrita para las máquinas de quinta generación, por lo que posiblemente sea clasificada dentro de una sexta generación.

La profundidad de las transformaciones que estas máquinas, sea cual sea su generación, han comenzado a provocar en la sociedad es inmensa; y el grado que alcancen tales cambios es insospechado, pero al menos podemos decir que estamos cambiando nuestras formas de pensar. En efecto, hoy día existe consenso en que los procesos mentales de una persona letrada son muy distintos y mucho más ricos que los de una analfabeta. La experiencia en el trabajo con un computador actual nos cambia un poco la forma de pensar; la utilización de una máquina de quinta generación seguramente nos abrirá otro mundo, probablemente su impacto en la sociedad sea tan grande como el que provocó la introducción de la imprenta.

## 2. El impacto social de la tecnología informática

Hasta la introducción de los computadores en el proceso productivo, la característica común de las máquinas incorporadas a las líneas de producción consistía en ayudar, reemplazar y amplificar el trabajo físico humano mediante la transformación de alguna forma de energía. Ahora, en cambio, la característica común de las máquinas computadoras y elementos afines del complejo informática-electrónica consiste en ayudar, reemplazar y amplificar el trabajo intelectual humano mediante la transformación de alguna forma de información.

Los trabajadores intelectuales han comenzado a sentir la experiencia que muchos otros trabajadores ya experimentan por muchas décadas: el reemplazo y la amplificación de sus habilidades por máquinas. En efecto, la sociedad industrial desplazó las habilidades manuales convirtiendo la manufactura

en "maquinofactura" mediante la transformación de energía en trabajo útil, permaneciendo la actividad intelectual de control y gestión dentro del ámbito humano. La nueva sociedad informática ya ha comenzado a desplazar también el trabajo productivo intelectual convirtiendo ahora la "maquinofactura" en "sistemofactura" mediante la intensificación informática de gestión (intra e inter-empresas) y el control informatizado de la robótica en las líneas de producción.

Si la introducción de las máquinas energéticas en el proceso económico productivo provocó una profunda transformación de las estructuras sociales, la incorporación de las máquinas informáticas significará una nueva, y no menos importante, reestructuración de la sociedad.

El proceso de transformación, seguramente, no estará exento de dificultades sociales. La lucha de los obreros contra la introducción de las máquinas energéticas probablemente se repetirá ahora por parte de los trabajadores intelectuales contra las máquinas informáticas. Sin embargo, la nueva tecnología implica aumentos de productividad, que significan poder liberar al ser humano del trabajo no creativo.

En consecuencia, no parece ser lógica la actitud de oponerse a la introducción de la nueva tecnología, sino mantener una actitud vigilante que oriente el impacto hacia la obtención de una sociedad más viable y equitativa.

El fenómeno de desplazamiento del trabajo humano reflejado en el persistente incremento del desempleo en los países del centro ha introducido al menos una señal positiva; el ingreso ha pasado a constituir un derecho de los ciudadanos asegurado por el Estado. En cualquier país central un desocupado percibe un seguro de un valor muy cercano al salario de un trabajador activo, además de los servicios de salud y educación garantizados por el Estado; esto significa un incremento del salario real; pero más importante que eso, es el hecho que el acceso a los bienes y servicios que constituyen el producto social, empieza a dejar de depender exclusivamente de la remuneración al trabajo personal. Es claro que un esquema social de este tipo, para sustentarse y mejorar requiere de incrementos reales de productividad. Afortunadamente esto es lo que ofrece la nueva tecnología. Esta tendencia se hace más nítida si se observa que la introducción de la

tecnología informática, y especialmente la robótica, hace que el componente trabajo en el costo de bienes y servicios descienda a niveles inferiores a 10%, y si el trabajo productivo humano, sea físico o intelectual, es igualmente reemplazado y amplificado por las máquinas, significa que en la nueva estructura social se darán condiciones para cambiar las formas vigentes de apropiación inequitativa del excedente. Que la sociedad pueda o no aprovechar esas condiciones, no depende sólo de la tecnología sino que más bien de variables políticas y de organización social, puesto que la forma en que la tecnología se desarrolla y se difunde es una consecuencia de las relaciones sociales.

#### IV. LINEAMIENTOS PARA POLITICAS SOBRE INFORMATICA EN LA REGION

Hasta aquí se ha visto que la informática contiene un fuerte potencial de transformación socioeconómica. Si a esto agregamos que la nueva tecnología encuentra a la región en un estado de industrialización incompleta, con economías y sociedades desarticuladas, y teniendo en cuenta que las innovaciones ya han comenzado a introducirse en forma desorganizada y aleatoria en estos precarios sistemas socioeconómicos, resulta evidente la necesidad de establecer políticas sobre informática que otorguen un marco de referencia para una adecuada inserción de los avances tecnológicos en los países de la región.

La necesidad de políticas se transforma en un imperativo si se requiere concebir nuevas formas (no imitativas) de desarrollo puesto que la forma de introducción de esta tecnología debería ser consistente con un nuevo estilo más consciente con las especificidades de la región.

Lo anterior, junto a la variedad de tipos de conocimiento que concurren a conformar la tecnología del complejo informática-electrónica y a la multiplicidad de campos de aplicación que la nueva tecnología ofrece conduce a establecer al menos tres conceptos de orientación general: Primero, la viabilidad de introducción y desarrollo de la nueva tecnología en los países de la región viene dada por una participación decisiva del Estado, que en los países del centro ha sido el motor del desarrollo del complejo informática-electrónica. Segundo, el desarrollo de esta tecnología requiere de una efectiva articulación entre las políticas tecnológicas, educacional, industrial y de seguridad social. Tercero, y no menos importante, el grado de beneficio que los países obtengan de la nueva tecnología quedará fijado por el grado de integración regional que logren en este sector.

Dicho de otra forma, cualquiera que sea el rumbo que la región marque para su desarrollo, para que la interacción entre las características de la nueva tecnología y las especificidades de nuestros países tenga posibilidades de un resultado exitoso, se requiere la acción simultánea de tres ingredientes: un impulso dinamizador estatal, una adecuación del contexto socioeconómico y una integración regional del sector.

1. Importancia del Estado en el desarrollo de la informática 7/

En el desarrollo de las tecnologías de punta en los países centrales se aprecia que la microelectrónica avanza más rápidamente que otras. Esto se debe, a no dudarlo, al decidido impulso estatal que en esos países se entregó desde el inicio al desarrollo de las tecnologías relacionadas con la información, las telecomunicaciones y la electrónica. En efecto, a partir de la segunda guerra mundial esas tecnologías fueron desarrolladas con apoyo financiero del Estado como respuesta a los requerimientos militares.

Así, los primeros computadores aparecieron al comienzo del período de posguerra. El liderazgo tecnológico alcanzado por Estados Unidos en este período debe adjudicarse a la demanda estatal ejercida por el complejo militar-espacial y otras instituciones gubernamentales. El Estado además ejercía un proteccionismo abierto mediante el "Buy American Act" adoptado por el Departamento de Defensa que privilegiaba la compra de equipamiento nacional a condición que el precio no sobrepasara en más de un 50% el de su similar extranjero. Esto permitió el poderoso despegue de la industria norteamericana en el sector. Aún hoy el Estado norteamericano sigue destinando importantes recursos a las actividades de investigación y desarrollo con el declarado objetivo de continuar a la vanguardia en el progreso tecnológico para convertirse en la primera sociedad posindustrial del planeta.

En el caso de Japón, la intervención estatal en el sector comenzó en 1958 mediante el establecimiento de la ley "Medidas Extraordinarias para la Promoción de la Industria Electrónica" del MITI (Ministry of International Trade and Industry) que desde entonces financia la investigación y coordina la acción de las grandes empresas privadas japonesas. En 1973, a raíz de la crisis del petróleo, este proceso se aceleró redefiniendo la estrategia japonesa en favor de los sectores de tecnología de punta privilegiando la producción de alto valor agregado. A comienzos de esta década el MITI tomó la ofensiva en cuanto a la planificación del desarrollo informático iniciando un plan decenal para el proyecto de la quinta generación de computadores, creando especialmente para esos efectos un instituto de tecnología, aportando financiamiento especial y coordinando a los laboratorios de investigación de las empresas japonesas líderes del sector.

La industria europea de computadores no recibió apoyo sistemático del Estado en sus inicios; y aunque en las universidades y centros de investigación europeos se generaron importantes innovaciones tecnológicas en el área, la falta de demanda estatal inicial debe ser la causa de la penetración de la industria norteamericana que hasta mediados de la década del sesenta se apoderó de mercados y empresas europeas del sector. A partir de 1965, y como respuesta al fenómeno de penetración que en Europa se denominó "el desafío americano", los gobiernos europeos comenzaron a favorecer a las industrias nacionales generando consorcios entre empresas de tecnologías afines y estableciendo algunas políticas para la demanda estatal en el sector. Sin embargo, por falta de una acción más decidida del Estado, hoy se observa en general en el sector informática de Europa una primacía de la industria norteamericana.

Si en los países del centro la participación del Estado ha sido fundamental en el desarrollo de la tecnología informática, ya podemos imaginar que en los países de la región su intervención resulta imprescindible para el logro de cualquier objetivo en este campo.

El desafío que a la región plantea el comercio internacional en informática-electrónica difícilmente podrá ser enfrentado con el aperturismo y el libre juego del mercado. Los países del centro aplican deliberadamente el proteccionismo y seleccionan planificadamente los campos donde se proponen desarrollar tecnología de punta con el claro objetivo de aumentar su hegemonía en el comercio internacional. Los países de la región que, como ya hemos visto, para el mediano y largo plazo deberían revisar su estilo de desarrollo, en el corto plazo tendrían que aplicar políticas que se enlacen en el tiempo con la estrategia del 'otro desarrollo' pero que ahora amortiguen el impacto de esta nueva ofensiva iniciada en los centros.

Por otra parte, la importancia del Estado en el desarrollo de la informática en la región ya ha sido demostrada por Brasil. En efecto, el liderazgo regional que actualmente ejerce Brasil en este campo se debe fundamentalmente al papel que le ha cabido al Estado en la formulación de políticas que se originaron bajo una concepción de seguridad nacional y de autonomía tecnológica, y que significó una acción estatal tanto en el campo de la formación de recursos humanos que la nueva tecnología requiere como en la reserva de mercado que permite el aprendizaje de la industria nacional.

La vanguardia regional obtenida por Brasil en tecnología informática se debe a que la política brasileña contempló la integración sistémica de los tres tipos de conocimiento mencionados anteriormente. En efecto, desde sus inicios esta política fomentó la tecnología de creación en las universidades y centros de investigación, hoy además de la investigación de nivel universitario existe el Centro Tecnológico para Informática (CTI) como un organismo autónomo de la Secretaría Especial de Informática. La tecnología de producción se encuentra en la industria privada y estatal de computadores y periféricos que se apoya en la disposiciones legales de reserva demercado en ciertas áreas del complejo informática-electrónica. La tecnología de utilización la constiuyen, como en otros países, los usuarios privados y estatales en casi todos las otras ramas de la economía. Con esta infraestructura básica o sistema completo, Brasil está en condiciones tanto de desarrollar tecnología propia como de asimilar efectivamente tecnología extranjera.

Ciertamente en el liderazgo regional brasileño también ha influido el tamaño de su mercado interno; pero esto significa que países más pequeños necesitarán compensar su estrechez de mercado con una mayor influencia relativa del Estado, con una mejor coordinación en la adecuación del ambiente socioeconómico, y sobre todo, con un gran impulso integrador en la región.

## 2. Articulación tecnológica, económica y social

El desarrollo propio o la asimilación efectiva de tecnología moderna requieren de un acondicionamiento o del desarrollo simultáneo de los otros campos de la sociedad, en especial la educación, la industrialización y la seguridad social con el objeto de adecuar y amplificar las ventajas de la tecnología y de llevar a un mínimo los efectos nocivos que pueda contener.

En los países de la región la nueva tecnología informática presenta la posibilidad de comunicar los distintos elementos de nuestras economías, o mejor, de nuestras sociedades, haciendo que estos elementos actualmente desarticulados, constituyan un sistema.

De esta forma, la tecnología informática-electrónica que en los países del centro muestra una cierta tendencia a concentrarse en los bienes de consumo individual, en la región debería dirigirse exclusivamente

hacia el aumento de la productividad en general, hacia la autonomía tecnológica en las ramas fundamentales del sistema productivo y hacia la mejora de la alimentación y de los servicios básicos, tales como educación y salud. Conviene recalcar que la tecnología informática, por ser un elemento amplificador de la información, contiene un potencial inmenso para el mejoramiento económico y social y para la generación y difusión del conocimiento, lo que se traduciría en mejoras materiales en las condiciones de vida y en un acceso masivo a la cultura en los países de la región.

a) La política educacional

El incremento vertiginoso del conocimiento que se está produciendo con los nuevos avances científicos y tecnológicos hace que ciertas concepciones respecto de la educación vayan quedando obsoletas. En efecto, el concepto de persona analfabeta, por ejemplo, que caracterizaba culturalmente a una persona con problemas mayores para ser útil a si misma y a la sociedad, ya ha quedado fuera de contexto. Hoy esta categoría ha desplazado su posición en el campo de la cultura, ya se comienza a vislumbrar como analfabeta no a la persona que no sabe leer y escribir, sino a aquélla incapaz de transmitir o recibir nuevos conocimientos; y según esta nueva definición se estima que un 40% de la población de Estados Unidos sería "analfabeta". Esta nueva concepción, por cierto discutible, se presenta aquí para ilustrar el carácter dinámico que pueden tener ciertos parámetros clásicos en la medición de la educación.

Por otra parte, es importante apreciar que aquel concepto que se ha denominado ventajas comparativas, desde el punto de vista internacional cada vez más depende de la capacidad y conocimientos de la población y menos de la ubicación geográfica o de la posesión de recursos naturales.

Resulta evidente que para enfrentar la profundidad de las transformaciones presentes, los países de la región requieren más y mejor educación. Más en el sentido que la sociedad deberá dedicar más tiempo y más recursos a la educación; mejor, en el sentido de orientarla hacia las especificidades de la región mejorando la eficiencia mediante la nueva tecnología.

El problema de la reorientación de la educación puede ser enfocado desde diversos puntos de vista. Un primer aspecto es considerar el problema de dar soporte profesional al desarrollo de la tecnología informática-electrónica, en ese sentido el asunto es bastante complejo puesto que no sólo se trata de tener ciencia y tecnología a un alto nivel, sino que además entendidas por la mayoría de la ciudadanía, puesto que la tecnología, como hemos visto, es una cualidad colectiva. En efecto, necesitamos profesionales con sólida formación en 'software' (lógica simbólica, álgebra de Boole, álgebra relacional y estructuras de almacenamiento de la información entre otras disciplinas) y en 'hardware' (especialmente en física del estado sólido, electrónica de semiconductores y sistemas de telecomunicaciones). Simultáneamente se requiere que estos profesionales posean una sólida formación humanista que permita administrar socialmente tanto los usos del avance tecnológico como la orientación de las nuevas investigaciones.

El carácter colectivo del conocimiento tecnológico requiere su difusión masiva a distintos grados de profundidad. En ese sentido más importante que la formación de alto nivel es la formación a nivel medio o de grado técnico. Para lograr desarrollo tecnológico es indispensable contar con capacidad humana de nivel intermedio para desarrollar las delicadas labores manuales que las nuevas tecnologías exigen. En verdad este es un problema de carácter cultural en toda la región originado seguramente por la inequidad que se observa en las diferencias de ingresos entre trabajadores manuales e intelectuales. Probablemente el mayor freno al actual desarrollo de la tecnología informática-electrónica en Brasil, sea precisamente la escasez de mano de obra de nivel técnico medio, como se puede apreciar, por ejemplo, en el verdadero "cuello de botella" que constituye el sistema de mantención de equipos. Si consideramos además que prácticamente todas las tecnologías de punta presentan su mayor limitación de avance en lo que se ha denominado la "mecánica fina", deberíamos tener en cuenta que para cualquier tipo de desarrollo tecnológico sustantivo la región requiere un esfuerzo importante para masificar la enseñanza técnico-manual y para reivindicar culturalmente a aquéllos que con sus manos son capaces de producir bienes y servicios útiles a la sociedad.

Otro enfoque del asunto educacional es que el rápido avance del conocimiento requiere, además del sistema de formación para los niños, un sistema de reeducación permanente de adultos a todos los niveles que les permita mantenerse al día para no ir a engrosar las filas de los nuevos "analfabetos". Afortunadamente este sistema de reeducación se hace cada vez más factible mediante la nueva tecnología ("teleeducación") y con el tiempo libre que se va generando con el paulatino desplazamiento del trabajo humano en el proceso productivo.

Por otra parte, todo parece indicar que un nuevo esquema educacional tendrá que preparar a la sociedad para reemplazar gradualmente una buena parte del consumo de materia-energía por "consumo" de conocimiento. Esto posiblemente pueda ser logrado mediante una reorientación de la actual "teleeducación" consumista contenida en la publicidad no controlada hacia un sistema de reeducación permanente otorgando a la técnica publicitaria un carácter formativo que actualmente no tiene.

b) La política industrial

Una política tecnológica y educacional por muy coordinadas que estén no cumplirían su objetivo si no fuesen acompañadas de una adecuada política industrial. En efecto, tanto las innovaciones tecnológicas como los científicos y tecnólogos requieren de una interacción con el sistema industrial. Los avances tecnológicos requieren de adaptación según las capacidades industriales y los profesionales generados por la política educacional y tecnológica requieren de puestos de trabajo en la industria donde puedan aplicar y mejorar sus conocimientos. Resumiendo, el desarrollo tecnológico requiere de una estrecha articulación entre la universidad, los centros de investigación y la industria, como se da, por ejemplo, en Japón.

Por otra parte, si queremos una tecnología propia adaptada a las necesidades de la región y una autonomía tecnológica en las ramas básicas de nuestros sistemas productivos, cualquier política industrial en la región tendrá que otorgar especial énfasis a suplir nuestras carencias en el sector industria de bienes de capital. Cualquiera que sea el estilo de desarrollo que la región adopte, la materialización de la tecnología que interprete ese estilo se da en los bienes de capital. Es decir, una cierta tecnología se corresponde

con un cierto estilo de desarrollo y cualquier tecnología se materializa en los bienes de capital que entrega a una sociedad para cristalizar esa forma de desarrollo. Los bienes de capital, en este sentido, definen el estilo de desarrollo. La región necesita bienes de capital adecuados a sus propias especificidades y la tecnología informática-electrónica presenta mucha potencialidad en ese sentido.

c) La política de seguridad social

La vinculación entre la política tecnológica y la de seguridad social tiene como objetivo tanto la orientación del potencial tecnológico hacia objetivos sociales como la minimización de los efectos socialmente nocivos de la tecnología.

Así, la tecnología informática en los países de la región desde el punto de vista de la seguridad social debería ser orientada a mejorar el acceso de la población a los servicios de salud mediante una cobertura masiva que se lograría con un 'hardware' y un 'software' adecuados al insuficiente personal médico de alto nivel.

Por otra parte, los requerimientos educativos mencionados más arriba podrían satisfacerse en buena parte intensificando el uso de los medios de comunicación masiva y de la computación en el sistema educacional sin necesidad de aumentar la cantidad de escuelas ni de profesores.

Otra aplicación, no menos importante, de esta tecnología en la articulación de nuestra sociedad consiste en la mejora del suministro de información y conocimiento a nuestros aislados sectores agrícolas, obteniendo mejoras en la eficiencia de siembras y cosechas lo que redundaría en una alimentación de mayor calidad y cantidad.

Si para los países de la región, la tecnología informática puede traer mejoras en la educación, la salud y la alimentación, parece necesario preocuparse más en serio de tales potencialidades.

Entre los efectos socialmente nocivos de los que es necesario precaverse destaca el aislamiento o tendencia al individualismo que produce el entendimiento hombre máquina. Si ese entendimiento es útil en el sistema productivo habremos de soportarlo como un mal necesario, pero ese mismo entendimiento aplicado al entretenimiento y a los juegos parece ser una aberración al menos en dos sentidos: Primero, que haya dos o más hombres

jugando o entreteniéndose con una máquina y no entre sí, parece ser una escena asocial por definición. Segundo, la tecnología cuesta cara, destinarla al entretenimiento implica una confusión de prioridades, un absurdo económico para un país en desarrollo y una insensibilidad social manifiesta.

El otro punto importante para una política de seguridad social está relacionado con el desplazamiento del trabajo humano que provoca la nueva tecnología, si además tenemos en cuenta que en la región en general la absorción de mano de obra es inferior al crecimiento de la población en edad de trabajar, nos damos cuenta que es imperativo desde el punto de vista social y político comenzar a desvincular el trabajo con el ingreso personal estableciendo políticas de seguridad social que tiendan a un más libre y equitativo acceso a la educación a la salud y a los bienes y servicios fundamentales que constituyen el producto social.

### 3. Integración regional en el sector informática

Se ha sugerido, bajo la línea de pensamiento prevaleciente en los países centrales, que los países de la periferia deberían orientar el desarrollo de la tecnología informática hacia la intensificación del desarrollo de 'software' por tratarse de una actividad intensiva en empleo de personal mejor remunerado, de producción poco estandarizada por tanto menos competitiva en precio que el 'hardware', y además porque el 'software' es intensivo en trabajo intelectual y el 'hardware' es intensivo en capital. Tal sugerencia resulta atractiva para la situación actual de los países de la región, exportadores netos de capitales y con escasez de empleo para sus profesionales, pero antes de suscribir tal estrategia debemos notar que el acelerado avance de la tecnología de semiconductores está permitiendo cada vez con mayor facilidad la introducción de 'software' de todo tipo al interior de una micropastilla o 'chip', es decir el 'software' se convierte en 'hardware', o mejor dicho, ya no existe un límite entre 'software' y 'hardware', sino que existe una amplia zona difusa que se denomina 'firmware' que contiene ambas categorías; y si además tenemos en cuenta que las dificultades para proteger el 'software' son a lo menos tan grandes como las que existen en el campo de la imprenta para defender los derechos de autor, dedicarse al desarrollo y comercialización de este tipo de producto presenta el gran

riesgo de enfrentar al comercio clandestino, y lo que es peor, que el esfuerzo de desarrollo de varios años, en determinado instante aparezca comercializándose al interior de un "chip".

Las características de cambio acelerado y oscilante que se aprecian en el avance de la tecnología informática requieren un desarrollo equilibrado entre 'hardware' y 'software', que en verdad son categorías que se alimentan y retroalimentan en conjunto con los requerimientos del mercado.

Por otra parte, como el desarrollo informático en la región debería orientarse hacia la satisfacción de sus necesidades específicas, el desarrollo conjunto de 'hardware' y 'software' sería imperativo en la medida que no siguiera un camino imitativo del de los países centrales.

Así, los requerimientos de un desarrollo no imitativo y tecnológicamente completo, la variedad de disciplinas que componen la tecnología informática y la estrechez de los mercados individuales de los países de la región, nos conducen a pensar que la integración regional en el sector es la única estrategia viable para enfrentar el desafío que para la región implica el desarrollo de las nuevas tecnologías.

Cuando en la región hablamos de integración el ambiente parece cargarse de pesimismo por cuanto la mayoría de los esfuerzos integradores han terminado cuando no en el fracaso en un logro muy parcial de sus objetivos o en declaraciones que han servido apenas para enriquecer la retórica. Probablemente uno de los factores importantes en este hecho sea la falta de ejecutividad de los organismos que se han creado para la integración, puesto que en general su función ha sido de carácter coordinador pero sin poder de ejecución. La importancia trascendente del sector informática y la velocidad de su desarrollo exigen que cualquier organismo integrador en la región esta vez tenga carácter ejecutivo además de coordinador en el sector.

Las consideraciones anteriores y el hecho que el organismo con mayor ejecutividad sea la empresa, nos llevan a sugerir la creación de una empresa multinacional (no transnacional) cuyos propietarios sean los países de la región que deseen participar y cuyos objetivos podrían resumirse como sigue:

- i) Orientación del desarrollo de la tecnología informática-electrónica hacia los requerimientos más urgentes de la región (educación, salud, articulación socioeconómica y autonomía tecnológica en los sectores fundamentales de la producción).

- ii) Difusión de la nueva tecnología para su asimilación por parte de las comunidades de los países socios mediante la instalación de diversas filiales productivas y centros de investigación y desarrollo en territorio de esos países.
- iii) Activación de los otros sectores de las economías nacionales mediante el establecimiento de convenios de investigación conjunta con las universidades locales y de abastecimiento de insumos con empresas nacionales.
- iv) Como en los países centrales la orientación del desarrollo expresada en el punto i) no existe o se encuentra en una fase muy preliminar, la empresa regional podría imponerse como objetivo la posibilidad de copar ese "nicho" tecnológico cubriendo potenciales mercados en esa área en países menos desarrollados de Africa y Asia.
- v) Creación de puestos de trabajo en la región para los profesionales y técnicos nacionales con especialidad en las tecnologías afines con la informática-electrónica.

Desde luego que la estabilización de tal empresa requeriría del importante apoyo de los Estados socios al menos en los siguientes puntos fundamentales:

- i) Capital de formación y operación inicial de la empresa, que posteriormente podría ser devuelto en forma de utilidades.
- ii) Protección del mercado de la empresa y favorecimiento con las compras estatales de equipos, al estilo "Buy American Act" (lo bueno debe ser imitado), en los países socios.
- iii) Otorgamiento de ventajas de tipo tributario en general y arancelario para insumos fabricados por filiales de la empresa en otros países socios.

La creación de una empresa de este tipo no está exenta de dificultades. Sin embargo, abordar eficientemente la introducción en los países de la región de la nueva tecnología es de cualquier forma una tarea muy compleja por lo que tomar la vía de la empresa multinacional pareciera ser la forma más directa de lograr los objetivos expuestos. Cualquier éxito que se lograra por esta vía tendría la virtud de servir como paradigma a otros sectores de la economía en materia de integración regional.

#### 4. Medidas posibles para el corto plazo

Hasta aquí este capítulo de lineamientos para políticas sobre informática se ha referido fundamentalmente al mediano y largo plazo, pero el impacto que está provocando la ofensiva tecnológica de los centros exige una rápida toma de decisiones que amortiguen los efectos nocivos que produce la aplicación indiscriminada, imitativa y sin adaptación previa en los países de la región. Por este motivo a continuación se presenta un conjunto de sugerencias que podrían ser de utilidad para la toma de decisiones de corto plazo:

a) En cada país de la región es necesario conformar un grupo de profesionales pequeño pero de alto nivel que esté capacitado para discriminar respecto de la variedad de la nueva tecnología y sus aplicaciones en el sentido de poder reconocer una tecnología obsoleta o la posibilidad de adaptación de una cierta tecnología tanto a las reales necesidades del país como a sus formas sociales y culturales específicas. Por cierto este grupo deberá ser capaz de entender perfectamente los últimos avances científicos y tecnológicos, y al mismo tiempo poseer una sólida formación cultural y social que le permita tener una visión clara de las reales carencias del país.

b) Las compras de equipos por el Estado o empresas estatales autónomas deberían tender a estandarizar el 'hardware' a objeto de que las instalaciones estatales de computación sean compatibles y puedan respaldarse mutuamente en los períodos de mantención, y de modo que el desarrollo y uso de 'software' pueda ser compartido por las distintas instituciones del Estado. En ese sentido, la actual proliferación de marcas y sistemas incompatibles en el sector público de un país constituye una falta de coordinación, por decir lo menos. El ideal sería que este tipo de compatibilización no solamente se efectuara a nivel de instituciones de un Estado, sino que también a nivel estatal internacional en la región de modo de evitar la multiplicación de esfuerzos y de ampliar el mercado del 'software' de aplicación estatal generado en la región.

c) Frente a las actuales restricciones que presenta el balance de pagos en la mayoría de los países de la región, parece oportuno centrar las importaciones de bienes de informática-electrónica en aquéllos que puedan ser considerados como bienes de capital para el sector productivo y de servicios esenciales, impidiendo el gasto de divisas en importaciones de electrónica orientada al consumo o entretenimiento, con lo que además se salvaguardan los valores socio-culturales nacionales.

d) Aunque, como se ha dicho, en el mediano y largo plazo es aconsejable un desarrollo equilibrado del 'hardware' y del 'software', en el corto plazo parece conveniente que los países de la región se inicien en la tecnología abordando prioritariamente el 'software' porque, aparte de que este criterio puede adoptarse de inmediato, resulta económico en capital, ahorrador de divisas y sobre todo generador de capacidades profesionales de alto nivel en la región. Conviene insistir que una política privilegiadora del 'software' sólo es conveniente para el corto plazo mientras se crean las condiciones para un importante desarrollo del 'hardware' en la región, como es la formación de la empresa multinacional en informática que se esbozó en el punto anterior.

Notas

1/"La segunda ley de la termodinámica afirma, dicho en términos vulgares, que las cosas abandonadas así mismas tienden a embrollarse y no vuelven por sí solas a ponerse en orden de nuevo". Bertrand Russel, La Perspectiva Científica.

2/ G. Tyler Miller, Jr., Energetics, Kinetics and Life, Belmont Calif.: Wadsworth, 1971, p. 46.

3/ Fisión: división de un átomo en protones y neutrones.

Fusión: unión de dos núcleos de un elemento formando otro elemento.

4/ G.N. Lewis (1930).

5/ Sozeburo Okamatsu en, La quinta Generación, Feigenbaum y McCorduck.

6/ Una precursora de estas máquinas acaba de ser puesta en operación en el Laboratorio Nacional de Lawrence Livermore. Se trata del computador Cray-2 que incorpora la técnica de procesamiento paralelo mediante cuatro procesadores y memorias que operan en forma simultánea, con 2 000 megabytes de memoria central, puede realizar 1 200 millones de operaciones aritméticas por segundo y con 240 000 chips empaquetados en un espacio muy pequeño que debe ser refrigerado con un líquido sintético.

7/ Un excelente análisis de este tema se encuentra en Clélia Piragibe, Industria da Informatica, Desenvolvimento Brasileiro e Mundial, Editora Campus, Río de Janeiro, 1985.

ANEXO I

ENTROPIA E INFORMACION

La relación profunda que existe entre entropía e información puede ilustrarse mostrando algunas relaciones matemáticas de la termodinámica y de la teoría del conocimiento.

En efecto, los conceptos sobre probabilidad son fundamentales tanto en la termodinámica como en la teoría del conocimiento. Así, la teoría de la información cuantifica el conocimiento que se tiene sobre una cuestión mediante la asignación de una cierta probabilidad "p" a las varias respuestas concebidas para la cuestión. El conocimiento completo es la posibilidad de asignar una probabilidad nula ( $p = 0$ ) a todas las respuestas concebibles excepto a una que se le asigna una probabilidad unitaria ( $p = 1$ ). Asignar  $p = 0$  a una respuesta equivale a decir: "esa respuesta es imposible". Asignar  $p = 1$  a una respuesta equivale a decir: "esa respuesta es cierta". Si nuestra incertidumbre es tal que nos obliga a asignar igual probabilidad a todas las respuestas concebibles, estamos en un estado de incertidumbre máxima o de información nula.

La definición matemática de la entropía presenta la propiedad de que si se asigna  $p = 1$  a una de las respuestas y consecuentemente  $p = 0$  a todas las demás la entropía resulta ser cero. Y si todas las probabilidades son iguales, la entropía es máxima.

La función entropía matemáticamente se simboliza de la siguiente forma:  
 $s(Q, X) = -k \sum P_i \text{Log}(P_i)$ , en que S simboliza la entropía, Q, una pregunta bien definida; X, nuestro conocimiento sobre Q, que nos lleva a una asignación de probabilidades  $P_i$  a las diversas respuestas posibles; k, un factor arbitrario de escala; y Log, logaritmo natural. 1/

De esta manera, la información (I) contenida en un mensaje, queda definida por la diferencia entre la entropía que define el conocimiento ( $X_1$ ) antes del mensaje y la entropía que define el conocimiento ( $X_2$ ) después del mensaje:

$$I = S(Q, X_1) - S(Q, X_2)$$

Como se puede apreciar, el contenido informativo del mensaje es una medida del cambio en el conocimiento del receptor. Un mensaje que dice lo que ya se sabe no produce cambio en el conocimiento ( $X$ ) y por tanto en la asignación de probabilidades ( $p_i$ ), por lo que no transmite ninguna información. 2/

Por otra parte, el sistema termodinámico más sencillo, y que además tiene una relación directa con la arquitectura de computadores, es un imán elemental que tiene la misma probabilidad de estar en cualquiera de dos estados. Esto significa que  $p_1 = p_2 = \frac{1}{2}$ , y por lo tanto:  $S = K \text{ Log } 2$ . Si la constante arbitraria  $k$  se hace igual a  $1/\text{log } 2$ , para tener un valor unitario de la entropía, se dice que la eliminación de la unidad más elemental de incertidumbre corresponde a un bit de información. Es decir, si  $k = 1/\text{log } 2$ , la entropía está medida en bits de información.

Mediante un sencillo desarrollo interpretando el valor de la constante  $k$  puede demostrarse que la relación entre entropía informática y termodinámica ha adquirido incluso carácter cuantitativo:  $1 \text{ bit} = 10^{-23}$  Joule por grado Kelvin.

#### Notas

1/ Esta expresión fue formulada por Claude E. Shannon en 1948, en The Mathematical Theory of Communication.

2/ Este concepto de información ha sido exitosamente utilizado en ingeniería en el diseño de sistemas de transmisión por canal de comunicaciones.

REFERENCIAS

- Rifkin, Jeremy, Entropy, The Viking Press 1980.
- Gerogescu-Roegen, Micholas, Energy and Economic Myths, Pergamon Press 1976.
- Commoner, Barry, The Poverty of Power, Alfred A. Knopf Inc., 1976.
- La Energía, Scientific American, Alianza Editorial, 1975.
- Ortega y Gasset, Meditación de la Técnica, Espasa-Calpe, 1965.
- Forester, Tom, The Microelectronics Revolution, The MIT Press, 1981.
- Bostos Tigre, Paulo, Computadores Brasileiros, Editora Campus, 1984.
- World Development, Microelectronics, International Competition and Development Strategies: The Unavoidable Issues, vol 13, number 3, March 1985.
- Piragibe, Clelia Industria da Informática, Editora Campus, 1985.
- Russel, Bertrand, La Perspectiva Científica.