

Enfoques sobre política de ciencia y tecnología en los años noventa: viejos modelos y nuevas experiencias

*Martin Bell**

Gran parte del marco intelectual y de la estructura institucional para la política científica y tecnológica que emplean los países en vías de industrialización se gestó en los años sesenta y setenta. Más allá de la diversidad de procedimientos y prácticas en política científica y tecnológica que hoy presentan es posible reconocer, para los países referidos, tres rasgos que indican un mismo modelo inspirador. En primer lugar, la adopción de políticas en ciencia y tecnología que han tenido como núcleo la I+D. En segundo lugar, los agentes cuyas actividades debía regir la política fueron en su mayoría organismos públicos de I+D; y en tercer lugar, se consideró a la política en ciencia y tecnología como responsable de una institución gubernamental especializada, encargada de la unificación y centralización de dicha política. En este artículo se sostiene la necesidad de revisar las características señaladas, así como otras no menos importantes, del modelo inspirador de políticas de ciencia y tecnología. Y esto sobre la base de dos razones: por un lado, la necesidad de nuevos enfoques exigidos por las propias experiencias producidas en los países mencionados; y por otro lado, la experiencia observable externa a la región parece indicar que el legado institucional e intelectual de los años sesenta y setenta ya no es adecuado para la década del noventa.

1. Introducción

En la mayoría de los países de la región CESA (Comisión Económica y Social para Asia Occidental) -al igual que en muchos otros que se hallan en vías de industrialización en América Latina, Asia y África-, gran parte de la estructura institucional e intelectual que se emplea hoy en ciencia y tecnología se sentó durante las décadas del sesenta y del setenta. Muchas de las instituciones de envergadura fueron creadas durante ese período; y si en algunos países tales instituciones no se crearon sino hasta los años ochenta, cabe afirmar que sus características fundamentales contienen sólo variaciones relativamente menores respecto de los principios subyacentes formulados durante las dos décadas anteriores.

Más importante es, quizás, el esquema intelectual con que se definen ampliamente los roles y las funciones de tales instituciones; también

* Science Policy Research Unit. Universidad de Sussex, Inglaterra.

eso se heredó de los años sesenta y setenta, aunque se lo aplicó de hecho sólo en algunos países durante la década del ochenta, a menudo a raíz de los esfuerzos por cristalizar y difundir los rasgos principales de tal esquema antes, durante y después de la Conferencia de Viena sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo, llevada a cabo en agosto de 1979. Al haber diversos organismos de la ONU jugando un papel preponderante en la labor de generación y síntesis de la información, el conocimiento y la comprensión pertinentes, dicho marco intelectual obedeció a tres importantes fuentes de experiencia: a) las instituciones, los marcos conceptuales y los procedimientos operativos vigentes en los países socialistas con planificación centralizada; b) ciertos elementos de la experiencia del sector público en países capitalistas norteamericanos y europeos, y c) cierta investigación reciente orientada a comprender las experiencias de algunos de los propios países en proceso de industrialización.

Desde luego, el legado institucional e intelectual no dio por resultado una práctica homogénea en toda la región. Tal como sucede en todas partes, en cada país en particular ha habido una gran diversidad de procedimientos y prácticas de la política científica y tecnológica; no obstante, existen varios rasgos en común, tres de los cuales son especialmente importantes:

1. Pese a que existe una amplia variedad de definiciones de lo que es el campo de "la política de CyT", en la práctica esto ha sido mucho más circunscripto, casi siempre limitándose únicamente a la política de investigación y desarrollo. En algunos países tal vez se haya incluido la política relativa a ciertos aspectos de la educación superior, como también ciertos elementos de una política relativa a las importaciones de tecnología. Sin embargo, el núcleo de la política de CyT por lo general ha sido la I+D. Si bien pueden hacerse declaraciones de principios sobre una gama más amplia de temas, lo cierto es que las actividades prácticas de la determinación de políticas (a veces organizadas en planes quinquenales) han tendido siempre a fortalecer la estructura institucional para encarar la I+D, a aumentar el presupuesto de I+D y a asignar dicho presupuesto a diferentes campos de I+D.

2. Los agentes cuyas actividades debía regir la política fueron en su mayor parte organismos de CyT. Tales organismos, casi siempre pertenecientes al sector público, fueron tipos diversos de institutos de I+D (y en algunos países, instituciones de educación superior) que, por un lado, debieron encarar la I+D en nombre de otras organizaciones, tales como empresas u organismos oficiales, y por el otro, brindar tecnología (o personal capacitado en CyT) a tales organizaciones a las que se consideró como meros "usuarios" del "sistema de CyT".

3. En la mayoría de los países se llegó a tomar la "política de CyT" como responsabilidad de una institución gubernamental especializada. La naturaleza exacta de tal institución podía variar: en algunos países era un consejo nacional; en otros, un ministerio de CyT, mientras que en otros era un sector especializado perteneciente a algún organismo nacional de planificación. Empero, pese a todas estas variaciones, el principio central (de hecho, un importante objetivo de muchos de los esfuerzos que durante ese período se orientaron al desarrollo institucional) era la unificación y centralización de la responsabilidad de sentar la política para CyT.

En el presente trabajo se sugiere que ha llegado el momento de poner en tela de juicio esas y otras importantes características del sistema de políticas de CyT; concretamente, el sistema de una política para la tecnología relacionada con la industria.¹ Esto obedece a dos principales razones: en primer lugar, ciertas experiencias producidas dentro de la región plantean la necesidad de nuevos enfoques; en segundo lugar, la experiencia observable fuera de la región parece indicar que el legado institucional e intelectual de las décadas del sesenta y del setenta quizás ya no sea adecuado para los años noventa.

1. Aspectos seleccionados de la experiencia observable en la región

Paralelamente con los rasgos básicos antes mencionados, se advierte también un importante conjunto de desconexiones y vínculos débiles en el sistema de política de CyT. Algunos de los más prominentes son muy conocidos (no sólo en la región CESAO), y por ende sólo habremos de resumirlos brevemente.

En primer término, dado que la política de CyT tan a menudo se centra en la I+D, es común que tenga una conexión muy débil con las políticas relativas a otros aspectos del desarrollo tecnológico; por ejemplo, la posibilidad de crear los tipos de capacidades de ingeniería y aptitudes para la administración de proyectos necesarias para la mayoría de los proyectos de inversión industrial que utilizan tecnología de punta, y sólo marginalmente tecnología reciente de I+D.

¹ Esta política va más allá de la industria fabril, y abarca también el rubro de la minería, los servicios públicos y la construcción. El presente trabajo no trata, explícitamente, las cuestiones relativas a una política de CyT vinculada con importantes áreas tales como la salud y la medicina, la agricultura, la pesca, etc., como tampoco las que tienen que ver específicamente con la investigación básica o fundamental.

En segundo término, por el hecho de estar la CyT notoriamente orientada a influir sólo sobre las actividades de instituciones especializadas (en su mayor parte, pertenecientes al sector público), a menudo tiene un vínculo muy tenue con la actividad tecnológica de otras organizaciones que juegan un papel vital en el proceso del desarrollo tecnológico; en particular, con las empresas de producción. De hecho, el marco conceptual subyacente a dicha manera de encarar la política a veces impide percibir que tales organizaciones tienen que jugar un papel tecnológico significativamente activo; por el contrario, se las considera simplemente "usuarias" de lo que produzca el "sistema de CyT", o bien su función se reduce sólo a elegir la tecnología producida por proveedores extranjeros.

En tercer término, debido a que la responsabilidad en el campo de la política sobre CyT se centraliza en dependencias especializadas del gobierno, se han hecho cada vez más evidentes los débiles vínculos existentes entre dicha política y otras áreas de la política. Por ejemplo, aun cuando a la política de CyT y el planeamiento se los ha asociado nominalmente con los procesos de política de planeamiento económico de mayor envergadura, se ha advertido que a menudo la verdadera relación parece ser mínima. Tomados en su conjunto, esos patrones a veces han sido causa de que la política de CyT prestara poca atención a las actividades tecnológicas que no involucran I+D de los principales agentes (empresas) pertenecientes a algunos de los sectores mayores y/o de mayor crecimiento de la producción e inversión industrial. Sin embargo, aun dentro del limitado campo de la política de CyT misma, a veces existen vínculos muy tenues entre diferentes sectores de la política cuya interrelación es potencialmente importante. Por ejemplo, cuando existen políticas relativas a la importación de tecnología, rara vez tienen una estrecha relación con el núcleo central de la política de CyT, es decir, con la política sobre I+D.

Por último, además de las desconexiones dentro del sistema de determinación de políticas, ha habido también desconexiones entre los sectores de generación, adquisición, difusión y uso de tecnología "en el terreno". Por ejemplo, la labor de I+D realizada por institutos especializados a menudo ha tenido muy poca vinculación con las empresas de producción que supuestamente deben ser las mayores usuarias de sus productos.² Además, la capacitación de científicos e ingenieros en

² En cuanto a este tema en la región, se encontrará una revisión perspicaz en United Nations, Economic and Social Commission for Western Asia, "Strengthening research and development capacity and linkages with the production sectors in countries of the ESCWA región" (E/ESCWA/NR/87/23), 1987.

el sector de la educación superior de algunos países está sólo mínimamente relacionada con los patrones de empleo dentro de la economía.

2. La experiencia fuera de la región

Dos circunstancias propias de los años ochenta se unieron para subrayar la importancia de que se haya optado por enfoques totalmente distintos frente a la política de CyT. En primer lugar, ha habido un gran aumento en la comprensión, basada en la investigación, respecto de cómo se lleva a cabo el cambio tecnológico tanto en las sociedades industrializadas como en las que se hallan en vías de desarrollo. Se puede inferir entonces que muchos de los supuestos de los años sesenta y setenta fueron engañosos, y esto repercutió notablemente en los planteamientos sobre política heredados de tales décadas. En segundo lugar, las características más destacadas del proceso de cambio tecnológico de todos modos cambiaron radicalmente durante la década del ochenta. Por ende, aun en los sectores en los que no estuvo tan errónea nuestra manera de comprender el proceso de los años sesenta y setenta, lo anterior ya no sirve mucho como base para la determinación de políticas en los años noventa.

El resto tiene que ver con la experiencia fuera de la región, y destaca algunas de las posibles consecuencias de las distintas maneras de encarar la política de CyT dentro de la región. Sin embargo, cabe señalar dos cuestiones. Primero, tal como se ha indicado anteriormente, no se intenta aquí sugerir que ciertas políticas en particular, sobre temas determinados, deban ser distintas de lo que han sido en el pasado. En cambio, sí se sugiere que quizás tengan que serlo las cuestiones básicas encaradas en primer lugar, y que quizás tengan que cambiar también las estructuras institucionales utilizadas para llevar adelante dicha labor. Segundo, dado que este trabajo constituye un aporte para un taller en el que participarán representantes de diversos países de la región (que conocen a fondo la política de CyT de sus respectivos países), nuestro propósito no es recetar que deban tomarse determinados enfoques nuevos, sino, más bien, fomentar que se pongan en tela de juicio los enfoques actuales y se genere una discusión sobre posibles caminos alternativos.

En el siguiente capítulo se bosquejan las características salientes del proceso de cambio tecnológico en la industria, con especial mención de la combinación de nuevas perspectivas y nuevas realidades que hacen necesaria una nueva manera de encarar la política tecno-

lógica. El capítulo III se ocupa de los rasgos más destacados de la base de recursos subyacente en el proceso de cambio tecnológico, y una vez más se acentúa la mezcla de nuevas perspectivas y realidades. Por último, en el capítulo IV se hace una reseña de algunas de las posibles consecuencias que podrían producirse en el campo de la política y la gestión.

II. El proceso de cambio tecnológico: nuevas perspectivas y nuevas realidades

1. El cambio tecnológico, proceso continuo, no intermitente

Durante las décadas del sesenta y del setenta se tenía la idea de que el cambio tecnológico constituía un fenómeno fundamentalmente intermitente. Dicha opinión era alentada por dos conjuntos de "modelos" sobre cómo se incorpora la tecnología a la actividad económica.

En primer término, los modelos de inversión y crecimiento económico que tenían los economistas acentuaban la importancia de la inversión de activo físico como vehículo para incorporar la tecnología a la producción. También solían considerar que dicho cambio tecnológico incorporado en el capital se producía mediante inversiones en bloque relativamente cuantiosas e infrecuentes (en la práctica, plantas y complejos industriales concretos).³ Al mismo tiempo, esta idea de la inyección intermitente de grandes inversiones en bloque de tecnología incorporada en el capital a menudo venía unida a otras perspectivas en las cuales: a) en el momento de realizarse los proyectos de inversión, se suponía que las características técnicas "incorporadas" en determinadas "cosechas"* en particular eran fijas, y b) se suponía que no iba a haber un mayor adelanto tecnológico durante la subsiguiente vida útil de tales instrumentos. Dicho planteo teórico se correspondía con la experiencia práctica de la mayoría de los economistas que trabajaban en bancos de desarrollo y ministerios de industria o planea-

³ Con posterioridad a Salter (1966) y otros, dichos "bloques" de tecnología incorporada en el capital se describieron como "cosechas" y, según palabras de Salter, tales cosechas consistían en "una nueva provisión de bienes de capital".

* El término *vintage* se traduce como *cosecha* en el sentido en el que se lo suele utilizar para, por ejemplo, los vinos en los cuales se señala la "cosecha año '95" (N. del T.).

miento de los países en desarrollo; el contacto algo limitado que ellos tenían con las realidades de la tecnología industrial por lo general se centraba en los grandes proyectos de inversión para levantar nuevas plantas y complejos industriales. Además, los estudios de factibilidad de proyectos que analizaban en sus bancos y ministerios casi invariablemente giraban alrededor de ciertas características técnicas (y por ende económicas) que permanecieron fijas durante el lapso previsto de 10-20 años de vida útil.

En segundo término, los modelos comunes de innovación tomaron rumbos muy similares. Se centraban en innovaciones individuales de producto y proceso, fenómenos intermitentes que surgían luego de una secuencia de actividades de I+D. Por consiguiente, durante los años sesenta y principios del setenta, gran parte del análisis empírico destinado a arrojar luz sobre los principales rasgos del proceso de innovación se centró en las innovaciones individuales; es decir, en nuevos productos y procesos que se analizaban aislados, sin tomar en cuenta los caminos del cambio tecnológico anteriores ni siguientes (por ejemplo, Sherwin e Isensen, 1967; Myers y Marquis, 1969; Langrish y otros, 1972, y Science Policy Research Unit, 1972). Estas perspectivas incorporaron también un rasgo muy similar a la distinción que trazaban los economistas entre lo maleable que fue la tecnología hasta la época de los proyectos de inversión y la rigidez que tuvo de ahí en adelante: la separación entre a) las distintas etapas que llevaban a la innovación -primer empleo comercial de la nueva tecnología- durante las cuales se conformó creativamente la tecnología en desarrollo; y b) la subsiguiente etapa de difusión durante la cual se suponía que permanecería fija mientras una sucesión de usuarios sencillamente la "adoptaban" y "usaban" tal como se difundía en la economía.

Así, para ambas perspectivas, el cambio técnico se originaba en "inyecciones" intermitentes de tecnología dentro de la economía. Cabe agregar que ambas perspectivas trazaban fronteras muy precisas entre las fases tecnológicamente creativas de la actividad previas a las inyecciones, por un lado, y por el otro, las fases tecnológicamente estáticas "post-inyección" durante las cuales se difundía y usaba la tecnología, pero no se la cambiaba. Se consideraba que, en los países en desarrollo, la industria actuaba sobre los costados tecnológicamente estáticos de tales fronteras, participaba en la "adopción" de tecnologías tal como se difundían internacionalmente luego de sufrir innovaciones en las economías industriales avanzadas, y después de llevarse a cabo los proyectos de inversión destinados a la adopción de

tecnología, se consideró que las empresas de los países en vías de desarrollo encaraban el uso u operación tecnológicamente estáticos de facilidades y sistemas dados. Ya en la década del sesenta hubo indicios de las graves distorsiones implícitas en estas ópticas, pero no se les prestó atención. Por ejemplo, Hollander (1965) había demostrado que se podía obtener el mismo beneficio económico tanto si se continuaba el cambio técnico durante la vida operativa de ciertas tecnologías de capital incorporado como si se producían inversiones en nuevas plantas que incorporaran nuevas "cosechas". Enos (1962) también había ofrecido sorprendentes indicios que ilustraban una afirmación hecha por Rosenberg (1972 y 1976): la magnitud del rédito económico posible de obtener mediante grandes innovaciones intermitentes (en ese caso, una sucesión de nuevos procedimientos para la refinación del petróleo) podía compararse con el rédito obtenible si se continuaban las mejoras a cada una de tales innovaciones durante la subsiguiente etapa de difusión y uso.

A partir de entonces, todos los indicios apuntan a señalar lo importante que es ver el cambio tecnológico como un proceso continuo, no intermitente. En particular, se ha hecho evidente que la difusión de innovaciones no implica la adopción y uso de productos y procesos tecnológicamente fijos. Por el contrario, en situaciones tecnológicamente dinámicas, entraña dos etapas de cambio técnico en cada empleo sucesivo de la tecnología difundida:

a) En primer término, los rasgos prominentes de la tecnología a usarse al invertir en nuevos mecanismos de producción irán cambiando entre las sucesivas instancias de adopción. Más aún, en el contexto inmediato de cada proyecto de investigación, la tecnología por lo general mejorará o se adaptará para su uso en la situación específica, lo cual supone un complejo proceso de desarrollo de ingeniería, reconfiguración y esbozo de las especificaciones de los sistemas de producción que se ponen en uso, proceso tecnológicamente creativo que queda totalmente oculto tras sencillas expresiones tales como "adopción de tecnología" u "opción de tecnología".

b) En segundo término, luego de la inversión inicial en la nueva capacidad de producción que incorpora la tecnología de difusión, el cambio tecnológico puede continuar a través de las subsiguientes vidas de los medios de producción de cada empresa adoptante. Esta fase del cambio tecnológico posterior a la adopción incorpora, con una intensidad que varía entre una situación y otra, una serie de modificaciones progresivas que aumentan aún más el rendimiento de la tecnología y la hacen superar los niveles logrados inicialmente, o bien la amoldan a

un cambio continuo de los mercados de insumos y de productos. El análisis de las "curvas de aprendizaje" de la producción industrial ha demostrado continuamente la importancia de las ganancias económicas obtenidas como consecuencia de esta mejora continua de tecnologías aparentemente "dadas". Sin embargo, esta perspectiva "de aprendizaje" oscurecía los procesos subyacentes al dar a entender que el progreso surge como un producto más o menos automático de la experiencia mediante la tónica de "aprender haciendo". En la práctica, el efecto de esa experiencia posee escasa significación, y las llamadas "curvas de aprendizaje" se generan gracias a caminos continuos de cambio técnico que obviamente se asocian con una experiencia en aumento, pero que no son sencillamente un resultado de ella.

En tanto partes integrales del llamado proceso de difusión, estos dos tipos de cambio técnico están muy extendidos. Constituyen un rasgo de la industria tecnológicamente dinámica tanto en los países desarrollados como en los que se hallan en vías de desarrollo, aunque algunos transitan dichos caminos de cambio más intensamente que otros. Por ejemplo, la intensidad del cambio continuo parece ser mucho mayor en la industria japonesa que en la norteamericana o la británica, y mucho mayor también en la industria coreana que en la brasileña o la india. Esos senderos de cambio continuo también se producen en una amplia variedad de industrias; por ejemplo, en la industria del semiconductor y del ladrillo, la industria de las maquinarias y la industria química, en la industria textil y la metalúrgica. También, a través de todas las diferencias que existen dentro de las industrias; por ejemplo, en la producción de aceros de alto rendimiento en plantas de gran envergadura e integradas, en la producción de vigas de hormigón para la construcción estandarizada, en "minitalleres" de poca envergadura, en la producción de semiconductores en la "frontera" de la tecnología informática, así como en el montaje de tableros de circuitos. Desde luego, existen diferencias entre industrias y tecnologías según los ritmos de cambio continuo y progresivo posibles de obtener en períodos de corto plazo. También hay diferencias en el largo de los períodos de mejoras progresivas que se producen entre los diversos pasos de cambios más radicales; por ejemplo, durante las dos últimas décadas, los diversos pasos de innovación se han sucedido unos a otros con mayor rapidez en la tecnología del semiconductor que en la fabricación del ladrillo. Sin embargo, en todas esas diferencias, las fases "intra-cosecha" de cambio continuo y progresivo constituyen componentes fundamentales de la competitividad tecnológica de empresas e industrias.

Por consiguiente, las perspectivas sobre el cambio tecnológico que apuntan sólo a la inyección intermitente de tecnología dentro de una economía y descuidan esas otras dimensiones tecnológicamente dinámicas del proceso de difusión, apuntan sólo a una pequeña parte del modo en que el cambio tecnológico afecta la competitividad de empresas e industrias.⁴ No debe sorprender entonces que se asocie la idea de continuidad del cambio tecnológico con las alteraciones fundamentales del esquema conceptual usado en los análisis teóricos y empíricos de la innovación y el cambio técnico. Durante los años ochenta, en particular, se centró mucho menos la atención en las innovaciones individuales, y mucho más en los caminos tecnológicos, en las trayectorias de la innovación y las secuencias progresivas del cambio técnico (por ejemplo, Dosi, 1988; Imai y Baba, 1989).

2. El papel activo de los "usuarios" de tecnología

En el curso de la década del ochenta, al haber una mayor comprensión del carácter continuo del cambio tecnológico, surgió una percepción más clara del papel tecnológicamente creativo de los usuarios de tecnología. Anteriormente se advertía una marcada diferencia entre a) las fases tecnológicamente dinámicas de innovación/invencción, y b) las fases tecnológicamente estáticas de difusión de la innovación y el funcionamiento posinversión. Dentro de ese esquema conceptual, había una correspondiente diferencia entre los "productores" tecnológicamente creativos de nueva tecnología y los "usuarios" tecnológicamente pasivos, que solamente elegían y ponían en uso tecnologías ya existentes. Sin embargo, cada vez queda más en claro que tales diferenciaciones carecen de sentido, y que quienes adoptan y usan tecnología tienen papeles muy creativos que jugar en el proceso general del cambio tecnológico.

Tales roles son importantes en lo que hace a realizar aportes a las innovaciones "originales" en el sentido convencional (por ejemplo, Lundvall, 1992; von Hippel, 1988), pero también lo son en las dos eta-

⁴ Discutir sobre si los caminos de innovación continua y progresiva son más importantes que los pasos innovadores "radicales" es tan útil como discutir sobre la pintura de ángeles sobre cabezas de alfiler. Ambos componentes del cambio tecnológico constituyen bases necesarias para alcanzar y mantener la competitividad.

pas del cambio técnico que, tal como se ha dicho, se producen durante el subsiguiente proceso de difusión. En primer lugar, en la etapa de inversión en nuevos medios de producción, las empresas usuarias de tecnología suelen recurrir a proveedores diversos para obtener bienes de capital, servicios de ingeniería, de gestión de proyecto, etcétera. Las empresas tecnológicamente dinámicas rara vez juegan un papel puramente pasivo en tales aspectos tecnológicos de la inversión en los medios de producción que a continuación utilizarán. A veces ellas mismas generan buena parte de la tecnología, incorporándola también en la estructuración de bienes de capital que se usarán; también suelen interrelacionarse de diversas maneras con sus proveedores para elaborar los bosquejos y especificaciones de los productos y procesos en cuestión. Dichos roles tecnológicamente creativos son mucho más importantes en la segunda de las dos etapas antes mencionadas: la de incorporar cambios técnicos a sistemas de producción ya existentes. Si bien en esos casos también se recurre a insumos de proveedores externos, la empresa usuaria de tecnología debe desempeñar un papel preponderante, tanto en forma independiente como en interacción con proveedores externos.

A fin de desempeñar estos papeles obviamente se requiere algo más que acumular simplemente capacidades y *know-how* pensados para poner en funcionamiento nuevos procesos y obtener de ellos determinado rendimiento, o para fabricar productos siguiendo instrucciones ya existentes. Las empresas deben acumular las formas más profundas del conocimiento, la habilidad y la experiencia necesarios para generar caminos continuos de cambio progresivo, que: a) mejoren el nivel original de los resultados de la tecnología en uso, y b) modifiquen sus insumos, productos y procesos dando respuesta a los mercados de insumos y productos. También deben aumentar su capacidad de buscar y obtener tecnología de otras empresas y economías. Y por último, apoyándose en esas capacidades, deben introducir cambios técnicos de mayor envergadura, como podría serlo, por ejemplo, incorporar importantes mejoras a procesos ya en uso o a tecnología que se hubiera adquirido en otra parte con el fin de usarla en nuevos proyectos, modificar tipos existentes de productos, producir sustitutos de los que ya se elaboran, diversificar la producción de materiales o equipos de insumos, o bien crear mejores tecnologías de procesos o de materiales para que utilicen las industrias proveedoras. Esta fase bien puede convertirse en una sola, en la cual las empresas produzcan los tipos de cambios técnicos que siempre se consideraron como "innovaciones" significativas.

Tomando en cuenta lo antedicho, aun si uno adopta la opinión algo estrecha de que la competitividad de las industrias en la región CESAO dependerá en gran medida de su eficiencia en tanto usuarios de tecnología generada por innovaciones de otros países, y no de su propia capacidad de generar ellas mismas importantes innovaciones tecnológicas, las conclusiones son muy distintas de las que podrían haberse sacado en la década del setenta. Más precisamente, en vez de jugar un papel meramente pasivo en el proceso continuo del cambio tecnológico, tales empresas tendrán que pasar a jugar un papel activo en lo que hace a generar y dirigir el cambio en las tecnologías que adopten y usen. Tanto más si se tienen en cuenta las tres características del cambio técnico que han adquirido cada vez más importancia durante la década del ochenta: que cada vez es más intenso, cada vez depende más de la tecnología de la información y cada vez es más significativa su dimensión organizacional. A continuación se ampliarán estos conceptos.

3. La intensificación del cambio tecnológico

Durante la década del sesenta y comienzos de la década del setenta, la mayoría de las tecnologías que adquirirían los países en vías de desarrollo estaban relativamente "maduras", por lo cual, en tales países, los caminos continuos del cambio tecnológico solían ser relativamente lentos. Ese aspecto del entorno tecnológico mundial cambió radicalmente durante los años ochenta. Todo el espectro de industrias que estaban tecnológicamente maduras en los años sesenta y setenta se rejuveneció gracias a cambios radicales en la tecnología, o -más a menudo- debido a que se intensificaron las formas de cambio, o bien a una combinación de ambos elementos. Al mismo tiempo, una amplia variedad de nuevas industrias que estaban en pañales en los años sesenta y setenta llegaron a jugar un papel importante en la producción y el comercio mundiales (gracias a un rápido desarrollo tecnológico). Fue así como:

[...] en la mayoría de los campos de la industria fabril, los ingenieros se enfrentan con nuevos criterios para diseños dominantes y deben adaptarse a nuevos paradigmas tecnológicos e industriales, algunos de los cuales son compatibles con las maneras antiguas de encarar el diseño y la gestión de producto [...] mientras que otros requieren realizar un corte total con anteriores procedimientos y maneras de pensar (Chenais, 1990, pp. 15-16).

A menudo se ha destacado que en el centro de esta transformación tecnológica se encuentra un número reducido de muy conocidas áreas de rápido desarrollo tecnológico: las tecnologías de la microelectrónica y de la información, mejoramientos radicales de viejos materiales y creación de otros nuevos y los rápidos avances en biología molecular y celular. Sin embargo, por importantes que estas áreas sean, no deberían oscurecer la diversidad mucho mayor de cambio técnico que se produce en todas las industrias, en las diversas actividades que ellas incluyen y en casi todas las tecnologías que emplean.

Parte de esta diversidad involucra un cambio centrado en el proceso, que se traduce en un aumento de la productividad (sea aumentando la eficiencia en el uso del capital, la mano de obra, la energía y los materiales). Sin embargo, también se reflejan otras partes en el cambio intensivo centrado en el producto que, además de reforzar la eficiencia del proceso, a) ha reducido las brechas de tiempo entre importantes discontinuidades tecnológicas; b) ha reducido la vida útil y el período de gestación de productos menos radicalmente nuevos, y c) ha ampliado la diversidad de pequeñas diferenciaciones entre productos. Al mismo tiempo, ciertas combinaciones de cambio centrado en el proceso y en el producto han apuntado más intensamente a reducir los costos ambientales por unidad de producción industrial, objetivo que cada vez más van alcanzando diversas formas de cambio técnico que también reducen otros costos unitarios.

Por consiguiente, la industria en la región de los países CESA se enfrenta con un mundo donde la base tecnológica de la competitividad es totalmente distinta de lo que era durante los años sesenta y setenta. Lo importante no sólo es que ahora existe un gran número de "nuevas tecnologías" que antes no existían, sino que está cambiando con mayor rapidez que nunca la estructura entera de tecnología subyacente en las empresas del rubro de la minería, la industria manufacturera, la provisión de energía y otros servicios públicos, las comunicaciones y la construcción. Este nuevo entorno tecnológico de los años noventa presenta un formidable desafío.

4. La intensidad de la tecnología de la información en el cambio técnico

Dentro del complejo general de cambio tecnológico intensificado, ya es reconocida la importancia y penetración de la tecnología de la electrónica y la información, por lo cual no es necesario que aquí se haga más hincapié en ese tema (véase un panorama reciente en

Freeman, 1993). Sin embargo, es preciso hablar algo más sobre dos características del cambio técnico centrado en la tecnología de la información (TI). En primer término, quizás en mayor medida que en otras áreas del cambio técnico, la incorporación de elementos de electrónica y TI dentro de los productos, procesos y sistemas de organización al parecer requiere una participación directa del usuario en el desarrollo y proyecto de tecnología. Si se la compara con otras áreas de la tecnología, la aplicación de muchas áreas de la tecnología electrónica de información requiere sistemas mucho menos estandarizados que son sumamente específicos para las características de cada empresa en particular, de los productos y procesos de tales empresas, como también de sus mercados. Esas especificaciones de sistemas no suelen ser fáciles de transferir como bienes de capital y proyectos "amortizados", y, por lo tanto, para introducirlos eficazmente es necesario un cambio técnico mucho más localizado. Más aún, tal localización a menudo debe ir más allá de la mera "adaptación" de sistemas. Debe estar profundamente enraizada en el diseño y creación de los componentes fijos, y, en especial, de los soportes lógicos, en el contexto inmediato del uso. Además, como esto suele involucrar una labor relativamente compleja de ingeniería y diseño, también es particularmente grande la importancia del conocimiento tácito (David, 1992). En particular, sin embargo, lo que a menudo involucra es la integración de elementos y sistemas de electrónica/TI dentro de los productos, proyectos y procedimientos de organización ya existentes, de modo que gran parte del conocimiento tácito necesario para el desarrollo y diseño localizado debe obtenerse del "usuario" de tales elementos y sistemas. Así, los usuarios de tecnología con frecuencia necesitan jugar un papel significativo y directo en el proceso de diseño y desarrollo de tecnología. Después, la subsiguiente asimilación dinámica de la tecnología (luego de su implementación inicial) requiere que el usuario tenga, desde luego -como ocurre en la mayoría de las otras áreas de la tecnología- una participación directa aún mayor en la labor de generar y administrar el cambio técnico.

En segundo término, la tecnología de la información no es sólo un área de tecnología cambiante, sino que a menudo es también un poderoso instrumento para generar innovaciones y cambio tecnológico. Esto es muy notorio en los sistemas de diseño asistido por computadora (CAD), que no sólo permiten cambios más rápidos y frecuentes en el diseño de productos y procesos, sino que también permiten un análisis mucho más intensivo y extensivo de las posibilidades de diseño. Sin embargo, el mismo papel estimulante del cambio que tiene la TI se

advierte en otras maneras que "nutren" el diseño de producto y proceso. En los diversos tipos de desarrollo e investigación, los sistemas de TI evidentemente juegan un papel sumamente importante pues aceleran la generación de nuevos conocimientos, ayudan a adquirir el conocimiento ya existente y crean nuevas configuraciones de tecnología para su incorporación en diseños específicos. Tal vez menos evidente es el papel estimulador del cambio que tiene la TI cuando se aplica a los procesos de producción y gestión mismos. Por ejemplo, la información que pueden generar diversos tipos de tecnología avanzada para control de proceso, sumada al poderío de la computación de avanzada, permite que se acelere el proceso de mejoras progresivas. Del mismo modo, el conocimiento que se genera gracias a los usos de TI en el campo de la organización y la administración permite un análisis más intensivo de los cambios que se operan en la "tecnología de organización" de las empresas.

5. La significación cada vez mayor del cambio organizacional

Si bien la significación del cambio dentro de la dimensión de la organización (o social) de la tecnología industrial siempre ha sido importante, lo cierto es que se volvió mucho más evidente durante la década del ochenta. Dada la abundancia de publicaciones sobre el tema -relacionadas con los métodos japoneses de gestión, la producción "escasa", la "especialización flexible", etc.- no es necesario que presentemos aquí un panorama general, aunque quizás cabría destacar, sí, un punto. El cambio organizacional a menudo es un componente importante e integral de muchos otros tipos de cambio técnico que pueden parecer centrados principalmente en el *hardware*. Eso ocurre sobre todo en los cambios que se producen en sistemas de TI de automatización. Por ejemplo, según una investigación practicada respecto de la difusión de los sistemas de fabricación flexible (Hoffman, 1988), todo parece indicar que los mayores beneficios en competitividad surgen como consecuencia de prepararse para tales sistemas, más que de ponerlos en funcionamiento. Bessant y Haywood (1986) sostienen que los beneficios a obtenerse como consecuencia de la dimensión organizacional del cambio rondan el 75% del total obtenido de la fabricación flexible. Eso no significa, sin embargo, que la inversión en cambios técnicos "centrados en el *hardware*"¹ pueda reemplazarse simplemente por un cambio organizacional. Eso a veces es posible en el corto plazo, sobre todo cuando hay que superar una larga

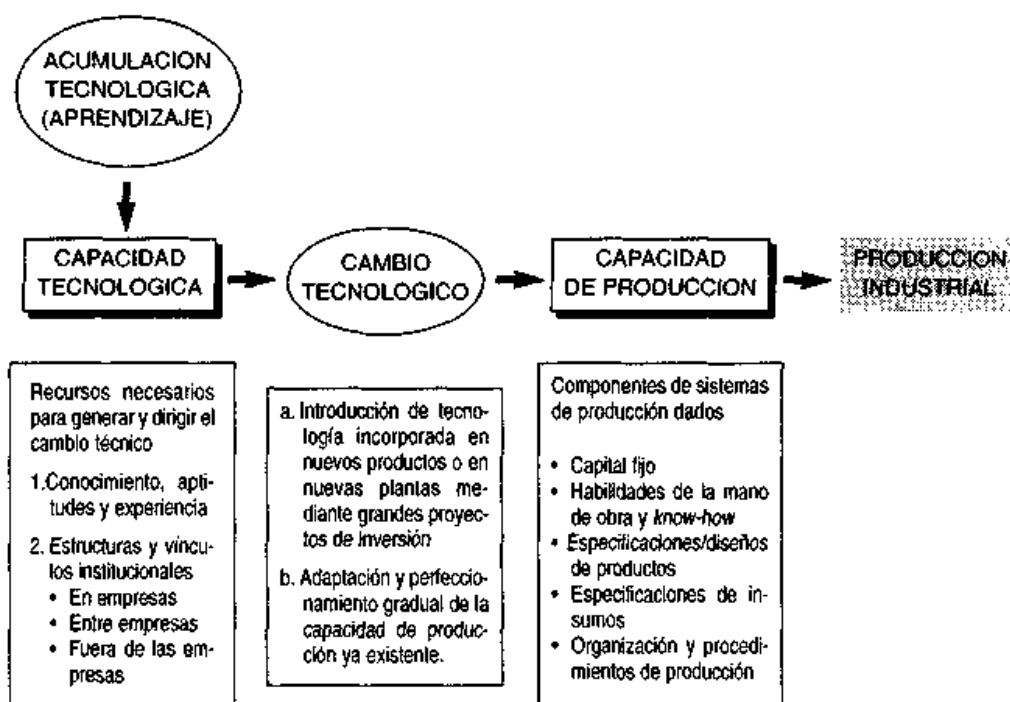
tradición de ineficiencia organizacional. De hecho, ciertas empresas comprobaron que al poner en vigor importantes cambios organizacionales como preparación para la puesta en servicio de sistemas de TI estos sistemas se volvían superfluos. No obstante, dada la intensidad del proceso multidimensional del cambio técnico, la mayoría de las industrias no pueden mantener durante largo tiempo la competitividad si únicamente se proponen realizar cambios en la dimensión organizacional de la tecnología de producción.

III. La dotación de recursos y el contexto económico necesarios para el cambio técnico

La mayor intensidad del cambio técnico y su naturaleza cada vez más multidimensional subrayan la importancia de que las sociedades cuenten con diversos recursos para generar y controlar el cambio en las tecnologías que emplean. Para referirse a tales recursos generadores de cambio ha surgido una amplia gama de términos y conceptos. El enfoque que adopta este trabajo se resume en la Figura 1. Así, se establece una distinción entre dos tipos de recursos: la capacidad de producción y las capacidades tecnológicas. Con referencia a la industria, la capacidad de producción incorpora los recursos que se usan para producir bienes y servicios empleando tecnologías dadas: los equipos, el conocimiento, las estructuras organizacionales, las destrezas de la mano de obra, etc.; dentro de la capacidad tecnológica, por el contrario, se incluyen las aptitudes, el conocimiento y las instituciones necesarios para generar cambios en las tecnologías usadas para producir bienes y servicios industriales.

Si bien se ha subrayado la importancia de este segundo grupo de recursos, es preciso analizar con gran cuidado en qué consisten en la práctica. ¿A qué tipo de instituciones hacemos referencia? ¿A qué clase de conocimientos y aptitudes? Las distintas respuestas que se den a estos interrogantes producirán corolarios diversos en la manera de encarar la política sobre tecnología. Tres cuestiones en particular adquieren gran relevancia: a) las empresas industriales mismas -y no las instituciones especializadas, ubicadas fuera de la estructura de la industria- se hallan en el centro de la estructura organizacional para el cambio tecnológico. Además, los vínculos e interconexiones entre esas empresas constituyen una parte de importancia vital en la trama institucional necesaria para el cambio tecnológico; b) las actividades técnicas básicas que llevan adelante el proceso de cambio técnico son

Figura 1. Acumulación tecnológica: términos y conceptos básicos



las que se ocupan de diversos tipos de ingeniería (ingeniería de diseño, de proceso, de proyecto, de producción, etc.) y no las que se ocupan de I+D; c) se necesitan grandes capacidades para crear el amplio espectro de habilidades y destrezas necesarias para realizar tales actividades técnicas básicas, pero gran parte de esa capacidad de crear dicho capital humano debe organizarse dentro de las empresas industriales mismas, y no dejarse en manos de la estructura especializada de las instituciones de educación y capacitación.

1. El papel central de las empresas de producción

El papel vital que juegan las empresas en la labor de generar dinamismo tecnológico dentro de la industria puede parecer evidente en los años noventa, pero no lo era en los años sesenta y setenta. En aquella época, sobre todo en los países en vías de desarrollo, se hacía mucho hincapié en las instituciones de la infraestructura pues se las consideraba los grandes motores de la actividad innovadora nacional. Se esperaba que ellas podrían generar nueva tecnología en nom-

bre de las empresas industriales, a las cuales se consideraba demasiado pequeñas, extrañas o incompetentes para generar la propia.

Ese optimismo por las instituciones tecnológicas en parte tenía su raíz en un concepto simplista sobre la naturaleza de la tecnología. Aparte de los elementos que la educación y la capacitación brindan a las personas, se consideraba a la tecnología como una simple "información" fácil de transmitir entre las organizaciones, o bien como una maquinaria que podía comprarse y venderse como cualquier otra mercadería. Sin embargo, hoy en día se comprende un poco mejor lo compleja que es la tecnología industrial. En particular, gran parte de ella es tácita, y por ende difícil de transmitir; y gran parte es también sumamente específica de ciertas empresas y sus mercados. Tales empresas, por lo tanto, deben jugar el papel preponderante en el desarrollo tecnológico. Lo que se acaba de afirmar resulta evidente en dos tipos de experiencia. Primero, en los países capitalistas industrializados -sobre todo los que exhiben un mayor dinamismo tecnológico, como Alemania y Japón- las empresas han comprobado que les resulta conveniente financiar una gran proporción del total de I+D industrial, y llevar a cabo proporciones de ella aún mayores. Lo mismo se hace evidente si se observan las profundas transformaciones en la estructura de financiamiento y ejecución de la I+D que se han producido durante las últimas dos décadas en algunos de los países recientemente industrializados del Este asiático (NICs). En la República de Corea, por caso, el gobierno financió casi el 70% de todo lo que se invirtió en I+D en 1975. En 1985, pese al notable incremento registrado en el nivel absoluto de gastos gubernamentales, esa proporción cayó a casi un 20%, mientras que el 80% restante estuvo a cargo de fuentes no gubernamentales (principalmente empresas industriales). Segundo, en las economías socialistas de planificación central, resultó sumamente ineficiente la organización de la I+D industrial en organismos especializados, separados de las empresas de producción, salvo en unas pocas áreas estratégicas en las cuales, mediante grandes asignaciones de recursos, se pudo lograr la efectividad, pero a costa de una enorme ineficiencia (Hanson y Pavitt, 1987).

Sin embargo, también fue evidente durante los años ochenta que el cambio técnico no sólo lo generan las empresas en forma individual, sino que lo más frecuente es que integren su labor con otras empresas. Eso se observa en relación con el descubrimiento de innovaciones, cuando esa labor conjunta involucra a proveedores y clientes de la relación insumo-producto/usuario-productor tecnológico (Lundvall, 1992; Organization for Economic Cooperation and Development,

1992). Muchos otros casos, sin embargo, se realizan mediante convenios de colaboración entre empresas competidoras o complementarias (Chenais, 1988; Cainarca *et al.*, 1992; Kleinknecht y Reijnen, 1992; y Hagedoom y Schakenraad, 1992). Tales tipos de interrelación también son importantes en otras fases del cambio técnico. La inversión en proyectos destinados a crear nuevos mecanismos de "adopción" de tecnología suele crear un gran número de interrelaciones entre las empresas especializadas; y por ende, la subsiguiente trayectoria del cambio técnico en la fase pos-inversión también involucrará complejas interacciones entre la empresa que usa tecnología y además experimenta el cambio, por un lado, y los diversos proveedores de bienes y servicios, por el otro. Así, una parte importante de la asignación de recursos para el cambio técnico en la industria no gira solamente en torno de la capacidad tecnológica de las empresas en particular, sino que también depende de la compleja estructura de interacciones que haya entre la capacidad tecnológica de diferentes empresas.

2. Actividades y competencias básicas: más "ingeniería" que I+D

En las décadas del sesenta y setenta difícilmente uno se habría detenido a pensar cuáles eran las actividades y competencias del proceso de cambio tecnológico. En aquella época, parecían ser obvios los recursos necesarios para generar el cambio técnico: eran los recursos de I+D. En los modelos lineales aceptados se identificaban claramente las diversas actividades de investigación y desarrollo experimental como "fuentes" de innovación. Los países industrializados habían creado un sistema bien estructurado destinado a reunir estadísticas de I+D donde quedarán en evidencia los recursos que ellos aportaban a la actividad innovadora. Más aún, ciertos organismos internacionales (por ejemplo, la UNESCO), junto con sus organismos bilaterales de asistencia técnica, se preocupaban de asegurar a los países en desarrollo que sus capacidades tecnológicas (o su "potencial científico y tecnológico") podía definirse adecuadamente como capacidades para la I+D. Todo eso ahora resulta sumamente inútil puesto que apunta sólo a una pequeña parte de las actividades y recursos necesarios para generar el cambio técnico. Es evidente que las principales innovaciones giran en torno del nuevo conocimiento generado en diversos campos de la investigación, y a menudo requieren que se proyecten, construyan y pongan a prueba plantas para productos prototipos y procesos pilotos. Sin embargo, tales actividades de I+D son

apenas la punta del iceberg, es decir, sólo una parte de un conjunto mucho más amplio de actividades que tienen una participación directa en el cambio técnico. El iceberg total debe incluir el amplio espectro de actividades de ingeniería a través de las cuales deben pasar los resultados de la I+D antes de que den como resultado un uso comercial y productivo de la tecnología; con frecuencia son esos tipos diversos de ingeniería los que generan los requerimientos efectivos de nuevos insumos de conocimiento a partir de la I+D. En una palabra, si no existe un complejo de actividades relacionadas con la ingeniería de diseño, de proyecto, de producción, de proceso, etc., la I+D se desvincula del cambio técnico, y poco contribuye a que éste se produzca. Sin embargo, también hay que reconocer que, aun sin el aporte proveniente de I+D, tales actividades de diseño e ingeniería a menudo tienen peso propio como fuentes u origen del cambio técnico en la producción, sobre todo como generadoras de los caminos continuos de cambio técnico que actualmente se consideran una parte integral del proceso de difusión de la tecnología. También es preciso tomar nota de cierto punto que ha recibido mayor atención a medida que se han conocido más detalles sobre el proceso de cambio continuo (*kaizen*) de la producción industrial japonesa: los operarios cuya principal labor consiste en el manejo y mantenimiento de sistemas existentes de producción también pueden realizar significativos aportes al proceso de cambio técnico.

Lamentablemente, si bien ahora se reconoce más claramente la significación de estas diversas actividades generadoras de cambio, sólo se brinda una información muy limitada sobre ellas. Han transcurrido años en la recolección de información sobre I+D. Sin embargo, aparte de los fragmentos de información contenidos en unos pocos casos ilustrativos, poco puede decirse sobre la magnitud de los recursos de diseño e ingeniería que, con o sin el aporte de I+D, se requieren para generar el cambio técnico en diversos sectores del contexto económico. De hecho, sería muy difícil describir en términos concretos en qué consistirían tales recursos en situaciones específicas. Del mismo modo, si bien puede presentarse mínimamente algo de información sobre el papel generador de cambio que juegan los trabajadores que se desempeñan en servicios operativos y mantenimiento, existe una comprensión muy limitada sobre la significación de dicho papel, sobre cómo se lo juega y cómo se interrelaciona con las actividades generadoras de cambio de otros componentes del "iceberg".

Sin embargo, la parte más voluminosa del iceberg, que queda oculta entre tantos temas oscuros, constituye el grupo medular de competencias necesarias para que las empresas industriales interac-

túen y puedan generar índices y orientaciones de cambio técnico que resulten competitivos, aun cuando, para muchas empresas e industrias, tales competencias de ingeniería deban complementarse con una significativa capacidad de I+D. Eso exigirá que la empresa ponga mucho más el acento en su condición, no sólo de usuaria sino de creadora de capacidades tecnológicas personificadas en el capital humano.

3. Las empresas industriales en tanto creadoras de capital humano

La creciente "intensidad del cambio" de la producción industrial viene acompañada por una "intensidad del conocimiento" también cada vez mayor. De hecho, al parecer se está operando una transformación fundamental de la significación relativa de la inversión en conocimiento y la inversión en capital fijo. En los países desarrollados, se observa que en un espectro cada vez más amplio de sectores, la inversión anual que las empresas líderes realizan en I+D a menudo es muy superior a lo que invierten en activo fijo (para el caso de Japón, véase Kodama, 1991). Para que esto ocurra, es preciso un cambio de perspectiva en quienes están habituados a tomar la inversión en activo fijo como el motor del crecimiento económico. Un espectro cada vez más amplio de industrias deberán revertir totalmente dicho enfoque, y cabe afirmar que, en la frontera tecnológica internacional, la mayor fuente de competitividad ya no reside tanto en la inversión en activos físicos sino más bien en la inversión en activos de conocimiento.

Sin embargo, también se advierte que las mayores inversiones en conocimiento se efectúan en un espectro más amplio de capacidades. Muchas empresas de los países industrializados han incrementado su inversión en capacitación con el fin de mejorar los niveles de aptitud y conocimiento con que cuentan para generar y controlar el cambio, y a menudo han ideado nuevos mecanismos institucionales para llevarlo a cabo.⁵ Un ejemplo muy notable es el caso de Motorola, que, con la intención de aumentar la calidad y la flexibilidad de producción y al mismo tiempo intensificar el cambio técnico, decidió aumentar de 7 a 60 millones de dólares anuales su presupuesto para educación y capacitación, y fundó su propia universidad empresarial (Wiggenhorn, 1990).

⁵ Eurich y Boyer (1985), por ejemplo, hablan de este papel cada vez mayor asignado a las "aulas empresariales"; y *Fortune* (3 de junio de 1991) analiza "Cómo el capital intelectual se está convirtiendo en el activo más valioso de las empresas en los Estados Unidos".

Igualmente notables son los altos niveles de inversión en capacitación que realizan muchas empresas de los NICs del Este asiático con el fin de complementar lo que se invierte en instituciones de educación y capacitación de tipo clásico. Estas tendencias aparentes subrayan el papel primordial de las empresas en tanto creadoras del capital humano que emplean. Esto contrasta con dos enfoques sobre el proceso, según los cuales la pericia y los conocimientos técnicos se crean en los países industrializados. Uno de ellos -a menudo vinculado con el análisis económico del papel que juega el capital humano en el crecimiento económico- asigna la máxima importancia a la educación y capacitación realizadas en instituciones no pertenecientes a la estructura de las empresas industriales. Y a menudo, haciéndose apenas una leve mención a la "capacitación en el empleo", se ha considerado a las empresas como meros empleadores, no como creadores del capital humano que requieren para generar y dirigir el cambio técnico. Tales enfoques restan importancia al papel decisivo que desempeña la empresa como creadora del capital humano. Ese papel parece haber sido especialmente significativo en países que demostraron ser los más efectivos en cuanto a explotar los beneficios dinámicos de la acumulación tecnológica: por ejemplo, Alemania y Japón entre los países industrializados, y la República de Corea entre las naciones en vías de desarrollo.

Otras perspectivas hacen hincapié en el "aprender haciendo" como mecanismo importante para crear esos tipos de conocimiento y capital humano; y la preponderancia cada vez mayor que se asigna al conocimiento tácito subraya la importancia del "hacer" como modo de aprendizaje. Sin embargo, es preciso hacer dos salvedades:

a) en primer lugar, el hecho de realizar una sola actividad no basta para adquirir la capacidad necesaria para otras. Este punto evidente, pero a menudo olvidado, se ha vuelto muy importante puesto que el conocimiento necesario para la producción rutinaria cada vez se diferencia más del tipo de conocimiento y experiencia necesarios para generar el cambio técnico (éste último, cada vez más a menudo organizado en laboratorios de I+D, oficinas de proyectos, equipos de administración de proyectos, departamentos de técnicas de producción, etc.). Al haberse ampliado la brecha entre estos dos tipos de competencia tecnológica, el hecho de dedicarse a la producción de rutina no contribuye al tipo de conocimiento que a su vez ayude a crear las aptitudes para generar el cambio técnico. Más bien, los tipos de "hacer" concretamente relacionados con el cambio se han transformado en una base cada vez más importante para el aprendizaje relacionado con el cambio (Bell *et al.*, 1982; Bell, 1984);

b) en segundo lugar, si bien diversas formas del "hacer" son vitales para la acumulación de tecnología, no debería considerarse al aprendizaje simplemente como un proceso basado en el hacer, que proporciona un conocimiento adicional, una especie de subproducto de actividades encaradas con otros objetivos. Quizás sea preciso encararlo como actividad explícita y costosa por propio derecho, como formas diversas de capacitación tecnológica y acumulación de experiencia manejada deliberadamente, que se encaran como complementos de la educación fuera de la industria.

De esta manera, la contribución que hacen las empresas al acervo general de capacidades tecnológicas de una economía es algo distinta de los aportes que realizan otras instituciones más directamente ligadas a la educación y capacitación. No obstante, las empresas e instituciones educacionales no son sólo alternativas que pueden cumplir un mismo objetivo. Hay ciertos tipos de aptitud, conocimiento y experiencia (especialmente experiencia) que no pueden adquirirse en instituciones ajenas a la estructura de la industria; sólo pueden obtenerse en las empresas, mediante la inversión que ellas hagan en la docencia, sea que opten por enseñar haciendo o enseñar capacitando al personal. De esto se infiere que:

a) dada la difusión de la aptitud y el conocimiento entre las empresas, por lo general éstas no pueden apropiarse de todos los retornos de su inversión en aprendizaje, y por ende es probable que haya una gran subinversión desde una perspectiva social, y posiblemente desde una perspectiva privada; b) estos "factores exógenos" no deberían tomarse simplemente como problemas lamentables ("fracasos" que perjudican la efectividad de los mecanismos del mercado). En cambio, se los puede ver como poderosos canales que favorecerán la acumulación y difusión de conocimientos generadores del cambio en la industria, y como mecanismos que pueden llegar a realzar su verdadera significación (en la práctica) induciendo a las firmas a invertir para crear expresamente esos tipos de capital humano en mayor cantidad del que necesitan para sus propias necesidades.

Lo dicho anteriormente subraya la importancia de la política gubernamental, tanto en lo que hace a: a) políticas cuya misión es influir (bastante directamente) sobre la conducta tecnológica de las empresas frente a esos factores exógenos y "fracasos de mercado"; y b) otros aspectos de la política que procuran influir sobre esa conducta de manera menos directa al configurar el contexto económico dentro del cual operan las empresas, particularmente la estructura de los incentivos y estímulos económicos con que se enfrentan.

4. El contexto económico para empresas, mercados y gobiernos

Gran parte del análisis sobre la innovación industrial y el cambio tecnológico producidos durante los años sesenta y setenta carecía de toda referencia a los contextos económicos más amplios en los cuales se desarrollaban tales actividades. Eso ha cambiado. Un número creciente de análisis realizados tanto en los países industrializados como en los países en vías de desarrollo ponen de manifiesto el modo en que la conducta tecnológica de las empresas resulta enormemente afectada por el entorno económico, y por las políticas económicas gubernamentales que rigen dichos entornos. En consecuencia, hoy en día está mucho más claro que no se puede discutir sobre "política tecnológica" como si fuera un tema aislado de la "política económica". Lamentablemente, sin embargo, en los últimos años se ha polarizado notablemente el estudio de la relación existente entre ambas áreas de la política.

Una de las ópticas asegura que la innovación y el cambio técnico tendrán un mejor desarrollo dentro del contexto de libremercados que sean: a) lo más independientes posible de toda intervención gubernamental, y b) de envergadura internacional (o al menos multinacional). Si se cumplen estas condiciones -se afirma- se logrará que los recursos se asignen de la manera más eficiente, y que las presiones de la competencia internacional incitarán a las empresas a generar los senderos de un continuo perfeccionamiento tecnológico necesarios para lograr y mantener la competitividad.

El acento que se pone en tal perspectiva no es sólo un reflejo de presunciones a priori, sino que está sustentado por importantes observaciones empíricas. Por ejemplo, la significación que adquieren las presiones competitivas y la rivalidad como incentivos para la acumulación tecnológica surge de estudios realizados sobre los orígenes de la competitividad (Porter, 1990, por caso), y de estudios estadísticos de las actividades tecnológicas de las empresas de mayor nivel del mundo (Patel y Pavitt, 1992). De manera inversa, en los países de economías planificadas, una de las razones por las cuales los centros de producción no tuvieron incentivos para desarrollarse o adoptar técnicas más eficientes fue, precisamente, la falta casi total de presiones de la competencia. Sin embargo, una óptica alternativa asegura que los mercados actúan de manera muy imperfecta en la asignación de recursos para la adquisición y generación de tecnología. Además, como se advierte por la experiencia práctica, es evidente que en muchos países la intervención del gobierno en lo que hace a conformar la estructura y fun-

cionamiento de los mercados competitivos demostró ser muy importante para estimular los caminos de un eficiente desarrollo tecnológico.

En muchos casos, la protección al comercio ha constituido una forma de intervención. Si bien algunas formas de protección redujeron los incentivos para innovar o invertir en acumulación tecnológica, otras al parecer produjeron efectos mucho más positivos. En particular, durante la industrialización de los países actualmente desarrollados, los gobiernos tomaron medidas para proteger sus incipientes industrias de la competencia que representaban los productores de países más industrializados. El objetivo era permitir que las empresas llegaran a dominar las tecnologías en cuestión, si bien variaba enormemente el grado y duración de la protección. En algunos casos, se la brindó durante períodos relativamente breves, como por ejemplo en la industria japonesa de las fibras sintéticas durante la década del cincuenta (Ozawa, 1980). En otros, duró períodos más prolongados, a veces con una cuestionable justificación desde el punto de vista del aprendizaje tecnológico. En otros momentos, sin embargo, la persistencia de la protección parece haber sido una aparente necesidad para crear un efectivo dominio de la tecnología en cuestión (por ejemplo, en el caso de la industria automotriz japonesa). Más recientemente, la política comercial se ha usado de esta manera flexible durante la rápida industrialización de la República de Corea; se ha brindado protección por períodos limitados para permitir la acumulación de ciertas capacidades tecnológicas y de otro tipo necesarias para sobrevivir competitivamente, y las industrias han sufrido las presiones de la competencia internacional (Pack y Westphal, 1986).

Más aún, esos patrones de protección comercial a menudo iban acompañados de otras medidas para estimular la acumulación de significativas capacidades tecnológicas. Por ejemplo, a medida que Japón iba incorporando sucesivas nuevas industrias, uno de los típicos rasgos de su política gubernamental fue la regulación del ingreso, cosa que por lo general se hacía limitando el número de empresas, incorporando gradualmente su ingreso y estipulando los criterios para elegir a los ingresantes, criterios que tomaban en cuenta las capacidades tecnológicas de los ingresantes y su política frente a la adquisición de tecnología. Tales medidas reguladoras del ingreso a menudo se combinaban con: a) límites temporarios sobre el alcance de la competencia extranjera y local, pero también, b) la fecha predecible de caducidad de tales límites. El principal objetivo explícito de tales medidas solía ser garantizar que las empresas construyeran plantas de producción en la escala más eficiente, y las hicieran funcionar en su capacidad máxima. Sin embargo, hubo otra importante consecuencia

adicional en el hecho de que se ofrecieron sustanciales incentivos para la inversión en las capacidades tecnológicas necesarias para generar y dirigir el cambio técnico.

En los países actualmente en vías de industrialización, a menudo no se puede precisar fácilmente en cada circunstancia en particular cuál será la mejor fórmula de equilibrio entre los mercados y tales formas de intervención gubernamental. Tampoco se advierte siempre con precisión cuáles formas de intervención serían más efectivas, ni cómo habría que ir graduando en el tiempo el equilibrio entre mercados e intervención. Sin embargo, dos elementos surgen con nitidez:

En primer término, las "políticas de tecnología" de los países en vías de industrialización que tratan de funcionar independientemente de las políticas económicas más amplias que influyen sobre la conducta tecnológica de las empresas, probablemente harán un aporte muy mínimo a la velocidad o dirección del cambio técnico. Y, a la inversa, las políticas económicas que prestan poca atención al objetivo de crear las bases para un dinamismo tecnológico generado localmente también es probable que hagan un aporte muy escaso a la eficiencia de largo plazo y la competitividad de la industria.

En segundo término, en la labor de interacción entre la política tecnológica y la política económica más amplia, poner excesivo celo en el logro de la "pureza" ideológica y teológica suele no ser muy beneficioso. Por ejemplo, adhiriendo ciegamente a la opinión de que el gobierno debería intervenir en los mercados se estarían dejando de lado importantes aspectos de la experiencia japonesa, en la cual el gobierno configuró la estructura y funcionamiento de los mercados de un modo que realzó su rendimiento, y creó las capacidades necesarias para generar caminos competitivos de dinamismo tecnológico. Del mismo modo, creyendo ciegamente en la importancia de la política comercial proteccionista como modo de realzar el "aprendizaje" tecnológico se estarían soslayando ciertos aspectos de la experiencia japonesa, en la cual las presiones competitivas jugaron un papel preponderante en cuanto a estimular que se generaran las trayectorias progresivas de desarrollo tecnológico y cambio técnico.

Por último, por el hecho de que gran parte de la tecnología industrial usada en la región se importa de otros países, la necesidad de crear caminos más intensivos y continuos de cambio técnico pone de manifiesto otra cantidad de interrogantes de larga data relativos a la posibilidad de integrar la adquisición de tecnología importada con la acumulación de tecnología en el plano local.

Bibliografía

- Bell, M., "Learning and the accumulation of technological capacity in developing countries", en Fransman, M. y King, K. (eds.), *Technological Capabilities in the Third World*, Londres, Macmillan, 1984.
- Bell, M., Scott-Kemmis, D. y Satyarakwit, W., "Limited learning in infant industries", en Stewart, F. y James, J. (eds.), *The Economics of New Technologies in Developing Countries*, Londres, Frances Pinter, 1982.
- Bessant, J. y Haywood, B., "The introduction of flexible manufacturing systems as an example of computer integrated manufacturing", *Operations Management Review*, primavera de 1986.
- Cainarca, G. C, Colombo, M. G. y Mariotti, S., "Agreements between firms and the technological life cycle model: evidence from information technologies", *Research policy* 21, 1992, pp. 45-62.
- Chenais, F, "Technical co-operation agreements between firms", *STI Review* 4, Pan's, Organization for Economic Cooperation and Development, 1988.
- Chenais, F, "Present international patterns of foreign direct investment: underlying causes and some policy implications for Brazil", ponencia presentada en el seminario sobre The International Standing of Brazil in the 1990s, Universidad de Campinas, Centra de Estudios de Relaciones Economicas Internacionales, 1990.
- David, P., *Computer and the Dynamo; the Unclear Productivity Paradox in a Not Too Distant Mirror*, ponencia presentada en el seminario organizado por la OCDE sobre Ciencia, Tecnología y Teoría Económica, Pan's, 1992.
- Dosi, G., "The Nature of the innovative process", en Dosi, G. et al., *Technical Change and Economic Theory*, Londres, Pinter Publishers, 1988.
- Enos, J., "Invention and innovation in the petroleum refining industry", en the National Bureau of Economic Research, *The Rate and Direction of Invention Activity*, Princeton, Princeton University Press, 1962.
- Eurich, N. y Boyer, E., *Corporate Classrooms: the Learning Business*, the Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, Princeton, Princeton University Press, 1985.
- Fortune, "Brainpower: how intellectual capital is becoming corporate America's most valuable asset", junio de 1991.
- Freeman, C, "The economics of technical change", *Cambridge Journal of Economics*, 1993.
- Hagedoorn, J. y Schakenraad, J., "Learning companies and networks of strategic alliances in information technologies", *Research Policy* 21, 1992, pp. 163-190.
- Hanson, P. y Pavitt, K., *The Comparative Economics of Research Development and Innovation in East and West: a Survey*, Harwood Academic Publishers, 1987.
- Hoffman, K., *Technological Advance and Organizational Innovation in the Engineering Industry. A New Perspective on the Problems and Possibilities for Developing Countries*, Report submitted to the World Bank, Brighton, Sussex Research Associates, 1988.

- Hollander, S., *The Sources of Increased Efficiency: a study of Dupont Rayon Plants*, Cambridge, MIT Press, 1965.
- Imal, K. I. y Baba, "Systemic innovation and cross-border networks", ponencia presentada en el seminario internacional organizado por la OCDE sobre Science, Technology and economic Growth, Pan's, 1989.
- Kleinknecht, A. y Reijnen, J., "Why do firms cooperate on R and D? An empirical study", *Research Policy* 21, No. 4, 1992.
- Langrish, J., *etal*, *Wealth from Knowledge*, Londres, Macmillan, 1972.
- Lundvall, B. A., *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovations and Interactive Learning*, Londres, Pinter Publishers, 1992.
- Myers, S. y Marquis, D., *Successful Industrial Innovations*, Washington, D.C., National Science Foundation, 1969.
- OCDE, "Technological innovation: some definitions and building blocks", capítulo 2 de *Technology and the economy: The Key Relationships*, Paris, OCDE, 1992.
- Ozawa, T., "Government control over technology acquisition and firms' entry into new sector: the experience of Japan's synthetic-fibre industry", *Cambridge Journal of economics*, 4, 1980, pp. 133-146.
- Pack, H. y Westphal, L. E., "Industrial strategy and technological change: theory versus reality", *Journal of Development economics*, 22, 1986, pp. 87-128.
- Patel, P. y Pavitt, K., "The innovative performance of the world's largest firms: some new evidence", *The Economics of Innovation and New Technology*, 2, 1992, pp. 91-102.
- Porter, M., *The competitive Advantage of Nations*, Londres, Macmillan, 1990.
- Rosenberg, N., "Factors affecting the diffusion of technology", *Explorations in Economic History*, Fall, 1972.
- Rosenberg, N., *Perspective on Technology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976.
- Salter, W., *Productive and Technical Change*, Cambridge, Cambridge University Press, 1966.
- Sercovitch, F., *State-owned Enterprises and Dynamic Comparative Advantages in the World Petrochemical Industry: the Case of Commodity Olefins in Brazil*, Cambridge, Mass., Harvard Institute for International Development, Harvard University, 1980.
- Sherwin, S. e Isensen, R., "Project hindsight", *Science*, 23 de junio de 1967.
- SPRU, *Success and Failure in Industrial Innovation*, Centre for the Study of Industrial Innovation, Brighton: Science Policy Research Unit, University of Sussex, 1972.
- United Nations, Economic and Social commission for Western Asia, "Strengthening research and development capacity and linkages with the production sectors in countries of the ESCWA region", E/ESCWA/NR/87/23, diciembre de 1987.
- Von Hippel, E., "The dominant role of the users in the scientific instruments innovation process", *Research Policy* 5, No. 3, 1976.
- Von Hippel, E., *The Sources of Innovation*, Oxford, Oxford University, 1988.
- Wiggenshom, W., "Motorola U: When Training Becomes an Education", *Harvard Business Review*, julio-agosto de 1990, pp. 71-83.