



EL PAPEL DE LA UNIVERSIDAD EN LOS PROCESOS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL

Por: Jorge Robledo Velásquez
University of Sussex

EN BUSCA DE UN MARCO TEÓRICO APROPIADO para la formulación de políticas y estrategias tecnológicas.

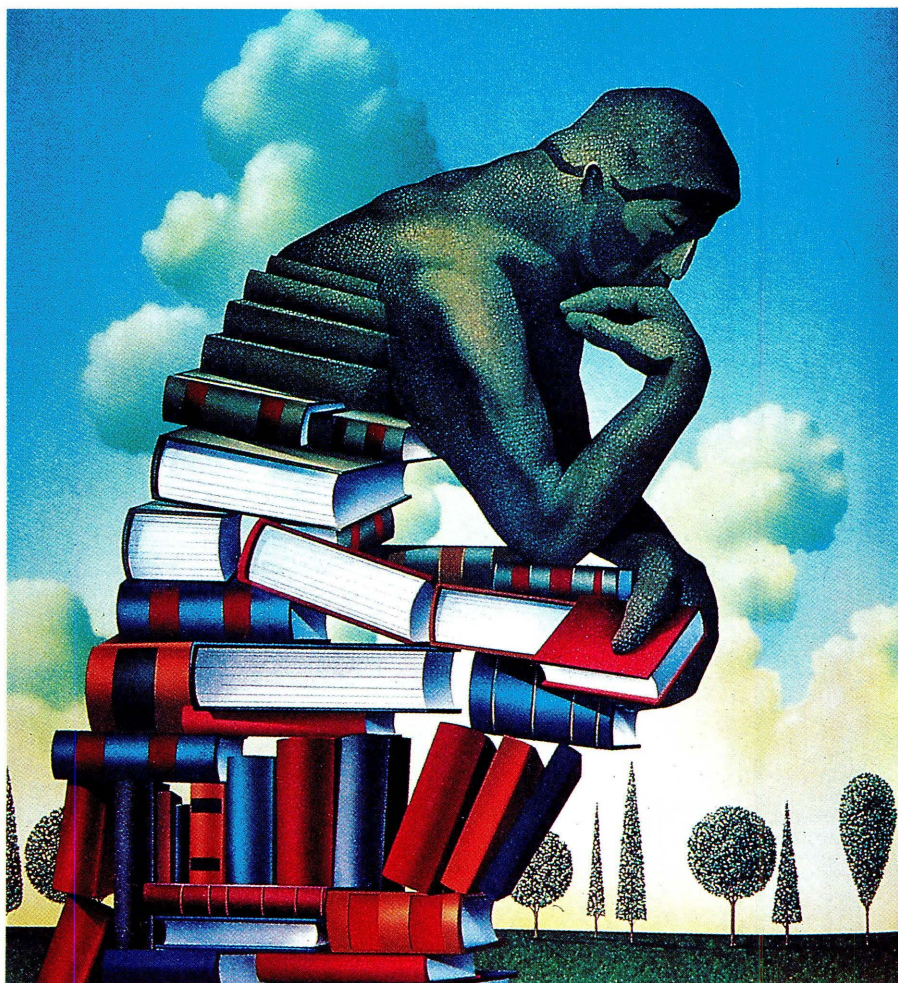
La ciencia y la tecnología son factores fundamentales de competitividad industrial... El capital humano de una empresa constituye la base de su patrimonio... El conocimiento y la información son insumos esenciales en los procesos productivos de la sociedad post-industrial... Este es el tipo de afirmaciones que frecuentemente se argumentan en favor de actitudes proactivas hacia la investigación científica y el cambio tecnológico, tanto en círculos académicos como en sectores industriales y entidades gubernamentales. Sin embargo, indicadores que se utilizan con frecuencia para medir el desarrollo científico y tecnológico de un país dan idea de una situación en Colombia que dista mucho de reflejar una verdadera comprensión del alcance y las implicaciones de estas afirmaciones: la inversión en I&D es una de las más bajas de Latinoamérica, como también lo es la proporción de personal especializado dedicado a labores de ciencia y tecnología y el número de patentes por habitante (ver Departamento Nacional de Planeación, 1991). Por otra parte, la acentuada orientación técnico-profesional de los programas de postgrado que ofrecen las instituciones de educación superior colombianas, a expensas del desarrollo de la formación científica e investigativa (Uricoechea, 1991)¹, así como el reducido número de programas de doctorado existentes, puede entenderse como un reflejo de ca-

rácter marginal que tiene la investigación y la creatividad en el sistema educativo colombiano.

No obstante, un conjunto reciente de iniciativas públicas que han contado con el respaldo de sectores privados y que se enmarcan en el *Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología*, permiten argumentar que esta situación está en camino de ser superada. En efecto, es posible constatar inversiones significativas recientes en I&D y en formación y capacita-

ción de investigadores, así como importantes iniciativas para consolidar el Sistema Colombiano de

- 1 Con base en datos del ICFES, este autor señala que, en 1989, había 630 programas de postgrado: 443 programas a nivel de especialización (de orientación profesional, por definición), 180 a nivel de maestría ("en su gran mayoría de contenido profesionalizante", p.258) y 7 a nivel de doctorado (cinco en áreas de matemáticas y ciencias naturales, y dos en humanidades y ciencias religiosas; a estos hay que agregar dos de posterior creación en ingenierías y uno más en ciencias religiosas).



Tomada de la revista FACETAS No. 2 1993 p.16

Educación Superior en sus niveles de formación más avanzados. La creación de programas académicos de investigación (fundamentalmente a nivel de doctorado) ha sido identificada como una "decisión inaplazable" para el desarrollo de nación (ver Alvarez 1991b) y un componente indispensable de una estrategia de desarrollo de la comunidad investigativa y de los sectores productivos del país (ver Cárdenas, 1991). Todo parece indicar que la ciencia y la tecnología están ganando una mayor presencia en las políticas públicas, y que los sectores empresariales comienzan a asignar un mayor peso al desarrollo tecnológico en sus estrategias corporativas.

Detrás de todo este esfuerzo financiero e institucional subyace la idea de que la ciencia y la tecnología juegan un papel importante en el desempeño industrial de un país y, en general, en su pujanza económica y en el bienestar social de su gente. Sin embargo, a pesar de toda la información y la experiencia acumulada sobre este tema, la naturaleza y dinámica de la relación entre C&T y desarrollo todavía no son bien conocidas². En Latinoamérica, particularmente, la situación de desarrollo desigual de los sectores científicos y tecnológicos, por un lado, y de los sectores industriales, por otro, convoca a un mayor esfuerzo por entender mejor la relación entre ambos. En efecto, las inversiones en investigación científica y desarrollo tecnológico hechas en las últimas décadas, sin ser relativamente intensas, han acumulado capacidades científicas y tecnológicas significativas en universidades y centros de investigación públicos y privados (Brunner, 1988; Mytelka, 1992). En contraste, los sectores industriales no parecen haber avanzado mucho en su desarrollo y, en algunos países, parece incluso que hubieran retrocedido, particularmente durante la década de los 80 (ECLAC, 1990). Esta situación de los países lati-



noamericanos no sería objeto de particular interés, habida cuenta de que a nivel global se registra un fenómeno similar³, si no contrastara tan marcadamente con la experiencia de los llamados "tigres" o "dragones" asiáticos y otros países del sudeste del Asia (Fishlow, 1989; Freeman, 1991b).

El caso colombiano es ilustrativo: a pesar del tradicional bajo nivel de la inversión en ciencia y tecnología en comparación con otros países de la región, la evolución de la comunidad científica y tecnológica colombiana ha producido un número considerable de grupos de investigación con grados significativos de desarrollo, pero relativamente aislados entre sí y del resto de la sociedad, como puso de relieve la Misión Colombiana de Ciencia y Tecnología. Esta situación contrasta con la de la industria: tal como lo muestra Syrquin (1987), las tasas de crecimiento anuales de la productividad del trabajo, de la productividad multifactorial y de la proporción del crecimiento debido a la productividad se estancaron a partir de 1970. Es más, según este mismo autor, el porcentaje del crecimiento del PIB industrial colombiano explicado por aumentos en la produc-

tividad disminuyó del 27% en el período 1938-1951 al 13% en el período 1973-1980, cifra considerada baja para los estándares internacionales. Estudios posteriores confirman el estancamiento de la productividad de la industria colombiana durante la década pasada, aunque no hay un acuerdo total en cuanto a las cifras encontradas y la periodización utilizada (ver Bonilla, 1992; Clavijo, 1990).

El distanciamiento entre los sectores científicos e industriales latinoamericanos, al que se responsabiliza en parte por el deficiente desempeño reciente de estos últimos, se ha tratado de explicar desde varios enfoques teóricos, entre los que sobresalen: los que se centran en razones de índole cultural, como las aducidas por Safford (1976), quien argumenta que el ideal por lo práctico y el desprecio por la reflexión teórica son un rasgo de nuestra cultura que se opone al avance del conocimiento científico y su asimilación en sectores productivos; aquellos que remiten a la acción de fuerzas externas que constriñen las opciones políticas proclives a la adquisición, a largo plazo, de capacidades científicas y tecnológicas endógenas, en la forma en que la literatura "dependentista" argumenta (ver Cardoso and Faletto, 1979); los que sugieren que la base del problema está en la mentalidad del empresaria-

— 2 Para un recuento reciente de los vacíos y avances del conocimiento en esta materia, ver el libro editado por Foray y Freeman (1993), que reúne una selección de artículos producidos en el marco del *Technology / Economy Programme* (TEP) de la OECD sobre la relación entre la tecnología y el desarrollo de las naciones.

— 3 Este fenómeno se conoce en la literatura técnica como "la paradoja de la productividad" (o "paradoja de Solow"): aunque desde finales de la década de los 70 la inversión per capita en I&D ha aumentado significativamente, la productividad no ha recobrado las tendencias de la década de los 60, especialmente en EUA. Para una discusión de este fenómeno y otros temas relativos a la productividad, ver OECD (1991).

La discusión sobre el papel de la Universidad nos remite ineludiblemente al problema de la "pertinencia" de las actividades académicas

do industrial latinoamericano, caracterizada por el mercantilismo, la especulación y la falta de unos valores y objetivos propios que lo lleven a superar las estructuras de atraso soportadas por la "oligarquía tradicional" (Herrera, 1976); y los que señalan "prácticas históricas" forjadas en Latinoamérica por el licenciamiento de la tecnología, la inversión extranjera directa y la falta de presión competitiva (Mytelka, 1992).

No obstante la luz que estos análisis arrojan sobre el fenómeno, hay una explicación alternativa, tal vez más fundamental, que es la que se desea explorar en este artículo: la insuficiencia de las teorías tradicionales del papel del cambio tecnológico en el crecimiento económico. Desde esta perspectiva las afirmaciones con las que empieza este artículo no son más que unas buenas hipótesis que, a pesar de la evidencia empírica acumulada en su favor, no han encontrado todavía acomodo en las teorías más difundidas sobre la relación entre crecimiento económico y cambio tecnológico. Esto se refleja necesariamente en la planificación del desarrollo a nivel nacional (macro) y en la gerencia de las empresas industriales (nivel micro), en tanto que las teorías y los conceptos forman parte esencial del marco de referencia que nos permite abordar la realidad, interpretarla e intentar su transformación⁴.

Esta reflexión inicial señala el propósito del presente artículo: subrayar la importancia de avanzar en la construcción de un marco teórico alternativo al de las teorías económicas dominantes en los últimos 30 años, tal como ha sido propuesto en el contexto del *Technology Economy Programme* (TEP) de la OECD, para analizar la compleja relación entre C&T y desarrollo. Tal marco teórico deberá servir de fundamento a prácticas efectivas de política industrial y de dirección empresarial, que involucren el cambio tecnológico con toda la fuerza y la efectividad que proporciona el conocimiento científico. **Se propone aquí que sólo desde una sólida plataforma teórica de esta naturaleza se podrá adelantar en firme la construcción de un sistema nacional de ciencia y tecnología, y en particular la creación y fortalecimiento de una comunidad investigativa con fuertes vínculos estructurales con su entorno económico, social, político y cultural.**

En particular, interesa aquí explorar el contexto teórico y conceptual más apropiado para enmarcar la discusión en torno al papel de la universidad en el desarrollo tecnológico de la industria colombiana. La discusión sobre el papel de la universidad nos remite ineludiblemente al problema de la "pertinencia" de las actividades académicas. Al respecto surgen varios interrogantes cuya respuesta demanda un nuevo espacio teórico, en tanto que la teoría económica tradicional no ha logrado darles un tratamiento convincente: ¿bajo qué criterios se debe juzgar la pertinencia industrial de las actividades académicas, principalmente de aquellas a nivel de postgrado? Habiendo identificado un conjunto de actividades pertinentes (o los criterios que las definen como tales), ¿qué mecanismo garantiza que se dé una adecuada asignación de recursos entre ellas? ¿Son

suficientes las fuerzas del mercado como mecanismo de asignación de recursos? O, por el contrario, ¿se requiere un sistema de incentivos que complemente y corrija los criterios de pertinencia económica y comercial establecidos por las meras fuerzas del mercado⁵?

La respuesta a los anteriores interrogantes se vuelve más compleja si se tiene en cuenta que, adicionalmente a las instituciones académicas y firmas industriales, hay otro tipo de entidades con funciones de capacitación, investigación y servicios técnicos. Entre éstas se destacan los centros o institutos de desarrollo tecnológico industrial (*Industrial Technology Research Institutes*)⁶. En Colombia, luego del cierre del Instituto de Investigaciones Tecnológicas, este tipo de centros ha estado surgiendo por iniciativa privada o mixta, con y sin la participación de universidades, y con una

- 4 Desde este punto de vista es claro que no hay nada más práctico que una buena teoría.
- 5 En países desarrollados, por ejemplo, aún no son muy claras, en el largo plazo, las consecuencias de las transformaciones que buscan un cambio de las prioridades y valores de la academia hacia otros económicos y comercialmente más pertinentes. Algunos autores (por ejemplo, Williams, 1986; Whiston, 1988) advierten que una excesiva presión sobre la academia para que sea más "pertinente" en este sentido podría ser contraproducente para los intereses de la sociedad. Pavitt (1991b), por otra parte, señala que algunas políticas que persiguen aumentar la pertinencia práctica de las actividades académicas podrían llevar a consecuencias lamentables.
- 6 El papel de estos institutos ha venido siendo recientemente objeto de discusión y estudio en el ámbito latinoamericano (ver, por ejemplo, Chudnovsky and Bisang, 1992, a propósito del proyecto "Industrial Technology Research Institutes in Latin America: Their Role in the Nineties", financiado por el CIID y la ONUDI; ver también Oldham, 1992). En Colombia, el único instituto industrial de este tipo que existía (el Instituto de Investigaciones Tecnológicas) fue liquidado por decisión de su Junta Directiva en 1990.

“Cualquier estrategia de construcción de la capacidad científica necesita considerar el papel de las diferentes instituciones, sus limitaciones y posibilidades”.

orientación sectorial⁷. También se sabe que las empresas industriales están recurriendo con alguna frecuencia, para la capacitación y actualización de su personal, a la contratación de servicios con firmas de consultoría y otras entidades no educativas⁸. Esta proliferación de instituciones con fines similares demanda una mayor claridad respecto al papel que la universidad cumple en los procesos de desarrollo tecnológico, de forma que tanto las políticas públicas como la gestión organizacional puedan ser eficazmente orientadas, pues, tal como argumenta Alvarez (1991a, p.19), “cualquier estrategia de construcción de la capacidad científica necesita considerar el papel de las diferentes instituciones, sus limitaciones y posibilidades”.

CAMBIO TECNOLÓGICO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO

Un punto que se desea debatir aquí es hasta dónde la carencia de una buena teoría económica, que dé adecuada cuenta del fenómeno tecnológico, ha sido un impedimento para una efectiva implantación de políticas y estrategias que fortalezcan los procesos innovativos y contribuyan al crecimiento industrial del país. Todo parece indicar que esta teoría está todavía lejos de ser construida: a pesar de que desde “La Riqueza de las Naciones” de Adam Smith, los economistas, en el sentido más general del término, han reconocido la importancia central del cambio tecnológico en el progreso económico, sin

embargo, pocos se han detenido a examinarlo detenidamente y todavía muchos continúan ignorándolo como una fuerza fundamental de crecimiento económico (Freeman, 1982)⁹. Este descuido ha llevado a Freeman a afirmar, en su prólogo al libro *“Economics and Technological Change”*:

*Ya sea en la teoría de la firma, o en la teoría del comercio internacional, la teoría del comportamiento del consumidor o la teoría de los ciclos de negocios, dogmas obsoletos que ignoran la innovación técnica continúan siendo expuestos y enseñados como si fueran las sagradas escrituras. Este edificio de economía tradicional se ha convertido en una barrera para el entendimiento de los importantes procesos de cambio en el mundo moderno. La teoría económica tiene que parar de ignorar las innovaciones técnicas y el cambio institucional. (Freeman, en Coombs et al, 1987, p. xi)*¹⁰

A esta economía tradicional nos referiremos a lo largo de este artículo. En particular, interesa aquí profundizar en las implicaciones del análisis neoclásico del fenómeno económico, tal como está incorporado en uno de los más importantes ejemplos de esta visión, el denominado “modelo Solow” de acumulación de capital (implícitamente físico) (ver Solow, 1957) y sus múltiples ramificaciones, de profunda influencia en el mundo capitalista de las últimas décadas. Su tema central es el aumento del ahorro y los estados estables en el largo plazo, como fuentes de crecimiento y ventajas comparativas en una economía. Esta perspectiva neoclásica, en su expresión más ortodoxa, enfatiza el papel del mercado en la promoción del crecimiento económico y en la asignación de recursos entre sectores y técnicas productivas. El cambio tecnológico adquiere aquí un carácter residual, es neutro en la producción agregada y no considera efectos de escala. Quizás lo más destacado de esta visión en relación con la tecnología es que, relegando el cambio tecnológico

a un factor residual y amorfo (o, como algunos autores lo han denominado, “la medida de nuestra ignorancia”), que engloba todo lo que queda luego de descontar los efectos que en el crecimiento tienen el capital y el trabajo, el análisis neoclásico convencional renuncia a modelar explícitamente el cambio tecnológico y entender su dinámica y efectos en el progreso económico.

¿De dónde ha resultado, entonces, el fabuloso impulso a la ciencia y la tecnología de las últimas décadas, si no es a partir de una racionalidad económica? Pues si bien es cierto que la ortodoxia neoclásica reconoce la existencia de un proceso de desarrollo científico y tecnológico que impacta la producción de riqueza, se limita a considerarlo un elemento exógeno al fenómeno económico. El desarrollo científico y tecnológico no parece haber sido, en lo fundamental, resultado de una racionalidad económica. La historia revela, en cambio, la existencia de otro marco ideológico-

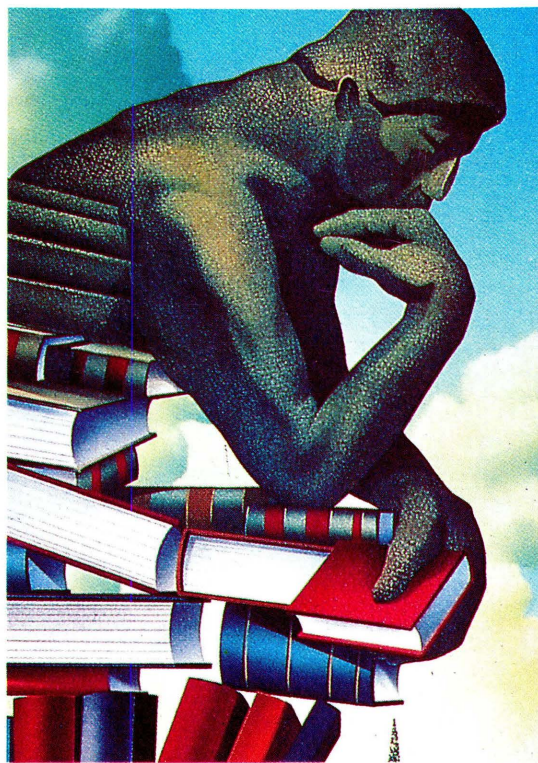
- 7 Un buen ejemplo de este tipo de centros es el Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y el Caucho, creado por industriales del sector en asociación con una universidad privada. Otros centros se han establecido (o se encuentran en proceso de creación) en las siguientes industrias (Colciencias, 1992, p.65): gráfica, metal-mecánica, pulpa, papel y cartón, textiles, confecciones, cuero y calzado, alimentos y mecanización agrícola, entre otras.
- 8 Este es el tema de un proyecto de investigación titulado “Políticas y Programas de Capacitación de Personal de Alto Nivel en Empresas de América Latina”, financiado por el CIID, y que incluye un análisis comparativo de la situación de varios países de la región, entre ellos Colombia.
- 9 En Colombia, “el debate sobre el cambio técnico apenas empieza a darse (Nota Editorial, Informe Financiero, Contraloría General de la República, nov. 1992, p.17) aunque, por otra parte, se argumenta que “la industria no creció durante los ochenta por ausencia de cambio técnico” (Echavarría, 1990, citado en la referencia anterior, p.17).
- 10 Traducción del Autor.

conceptual más afín al desarrollo científico y tecnológico: la racionalidad bélica y las consideraciones políticas sobre la autosuficiencia y autonomía nacionales.

Es esta racionalidad la que mejor ha interiorizado y comprendido que el dominio científico y tecnológico es factor clave de superioridad. En este contexto, la ciencia y la tecnología son variables no solamente endógenas, sino estratégicas. Analizando los orígenes de la superioridad tecnológica estadounidense en el cuarto de siglo siguiente a la Segunda Guerra Mundial, Nelson (1990) resalta la influencia que tuvo una "nueva y fuertemente motivante creencia en el papel que jugó la ciencia y la tecnología en la victoria militar, y en la apertura de nuevos horizontes para el futuro" (p.122), y señala el papel preponderante de la financiación estatal de la educación pública y la I&D, fundamentalmente a través del Departamento de Defensa, la NASA y la Comisión de Energía Atómica. Otros casos en países en vía de industrialización ayudan a soportar esta proposición; baste mencionar aquí el desarrollo de la energía atómica argentina, secundado por el propósito del gobierno militar de establecer una capacidad nacional en ciencia y tecnología para sustentar procesos de autodeterminación en energía atómica y sus aplicaciones (ver Sábato, 1973, Sábato et al, 1978); y el desarrollo de la industria electrónica e informática brasileña, que tuvo sus orígenes en los ideales nacionalistas de un grupo de físicos que se propusieron establecer una industria doméstica de microcomputadores y que recibieron un respaldo total de parte del gobierno militar brasileño (ver Vessuri, 1990).

Incluso podría afirmarse que las llamadas "teorías de la depen-

dencia", que florecieron en las décadas del 60 y el 70, partían de una consideración fundamental en torno a la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico como fuente de poder y dominación. Todavía más contemporáneamente, la autonomía y la autodeterminación de los países es un propósito que se aduce como fundamento de una política de desarrollo científico y tecnológico (ver, por ejemplo, Vessuri, 1990). Sin embargo, el concepto de autonomía, aunque pleno de sentido en la esfera política, pierde vigencia en lo económico en un mundo que en esta esfera es cada vez más



abiertamente interdependiente. La referencia reiterada a la autonomía nacional en lo científico y tecnológico hay que complementarla (¿o superarla?) con otros conceptos con un mayor sentido económico: la competitividad y el desarrollo regional. En último término, el sentido de pertenencia a una nación se está diluyendo aceleradamente en un mundo cada vez más pequeño (la "aldea global"), y los agentes económicos priva-

dos difícilmente aceptan hoy criterios nacionalistas para orientar sus decisiones de inversión.

La visión militar de la ciencia y la tecnología como factores estratégicos de superioridad trascendió a amplios sectores productivos privados, fundamentalmente a partir de la Segunda Guerra Mundial. Desde esta óptica el comercio es visto como una especie de guerra, para enfrentar la cual las empresas y los países han de armarse de estrategias que, aunque puedan significar la pérdida de batallas en el corto plazo (en término de renuncia a algunos resultados económicos inmediatos), llevan en el largo plazo a la conquista del territorio comercial (crecimiento de la participación en el mercado, aumento de la renta, mayor estabilidad y solidez en los períodos de crisis económica, etc.).

No es este tipo de lógica, sin embargo, el que ha sustentado el desarrollo de nuestra nación. Los países en proceso de industrialización, con una gran dependencia científica y tecnológica del exterior y la tradición pacifista como Colombia (por lo menos en cuanto a conflictos internacionales se refiere), han sido terreno abonado para las teorías económicas que consideran el cambio tecnológico como variable exógena al fenómeno de producción de riqueza. Según esta lógica, la empresa industrial, en su afán de optimizar la utilización de los factores de producción para maximizar las utilidades, escogerá la técnica más apropiada para sus propósitos, entre las que el mercado tecnológico le brinde en el momento. Desde este punto de vista, como lo constata una larga e importante tradición en los estudios del desarrollo (o subdesarrollo), el debate fundamental se da en torno a la selección de la tecnología apropiada y a la transpa-

rencia del mercado de tecnología. La función del Estado a este respecto se centra en asegurar la difusión de la información y el conocimiento tecnológico, y en el establecimiento de controles para garantizar unos términos equitativos en los contratos de tecnología. La respectiva misión de la infraestructura científica y tecnológica se concibe, entonces, como la de contribuir a la producción de técnicas y bienes que se adecúen a las condiciones y limitaciones locales del mercado, las materias primas y la mano de obra.

Siendo reducida la cuestión tecnológica, en lo fundamental, a un problema de mercado, adecuación, selección y negociación, no es de extrañar que la actitud normal de los industriales sea la de "ir, mirar, escoger y comprar". Ya el aprendizaje automático y sin costo que proporciona la experiencia de producción se encargará de elevar la eficiencia del proceso productivo, a un ritmo que incluso es posible de proyectar con base en la "curva de experiencia"¹¹ que aconsejan los manuales de administración. Durante este período de aprendizaje o infancia industrial, se reconoce como papel del Estado la protección de la industria naciente, en términos que en lo fundamental apuntan a la protección del mercado local, sin una consideración explícita del desarrollo tecnológico industrial. Por su parte, el sector financiero, incluyendo la banca de fomento, está diseñado para responder a las demandas de crédito que esta práctica empresarial genera, concentrando

El juego libre de las fuerzas del mercado asegura la eficiente asignación de recursos entre los distintos sectores industriales y tecnológicos.

su oferta en el crédito para inversión en activos fijos y capital de trabajo. Poco o ningún espacio se deja para la financiación de capital de riesgo o la inversión en tecnología no incorporada, por ejemplo, financiación de actividades de I&D, diseño, programas de calidad y productividad, o capacitación de personal.

Según la visión neoclásica y varias de sus ramificaciones, los cambios que regularmente se observan en la composición sectorial de la industria de un país en crecimiento son el resultado automático de la acumulación de capital y el aumento del ingreso. El juego libre de las fuerzas del mercado asegura la eficiente asignación de recursos entre los distintos sectores industriales y tecnológicos. Este papel del mercado determina incluso la composición de la fuerza laboral y el capital humano en relación con las diferentes artes, oficios y profesiones. En este contexto, ¿qué espacio le queda a la acción estatal? En énfasis de la visión neoclásica sobre el papel del mercado en la generación del crecimiento, circunscribe la acción de las políticas públicas al establecimiento de una infraestructura facilitadora del desarrollo, e.g., estabilidad social, niveles generales de educación (sin una clara referencia a las habilidades investigativas), un ambiente macroeconómico favorable y, en los raros casos de falla del mercado, el diseño e implantación de instrumentos neutros de política que corrijan estas fallas.

LA INVESTIGACION INDUSTRIAL: ¿INVENTAR LO YA INVENTADO?

El análisis tradicional del crecimiento económico identifica la tecnología con información disponible libremente o comercializable en el mercado de tecnología. Este punto se desarrollará más adelante. Aquí se desea hacer notar que esta concepción puede dar lugar a prescripciones de políticas

y estrategias que se centren excesivamente en superar los obstáculos asociados al flujo de información, la intermediación y la negociación de tecnologías, campos reconocidos como propicios para el fomento del desarrollo tecnológico industrial. Por su puesto que los sistemas de información comercial y tecnológica, los asesores y consultores empresariales, la participación en ferias y exposiciones internacionales, una mayor capacidad de negociación tecnológica, etc., son elementos importantes de una estrategia de desarrollo tecnológico industrial. La visión neoclásica, incluso, asigna un papel (de importancia creciente en las teorías de desarrollo endógeno) al capital humano en el fenómeno económico a nivel de firma, en tanto que constituye un factor de producción junto al capital físico y la mano de obra directa.

Sin embargo, esta visión deja de lado con mucha frecuencia la acumulación de capacidades tecnológicas a nivel organizacional, como pre-requisito para una eficaz difusión tecnológica. En una empresa industrial que razona sobre la lógica económica tradicional, el requerimiento de capacidades tecnológicas es mínimo, reduciéndose a las necesarias para garantizar una evolución normal a lo largo de la curva de experiencia, la que asegura los incrementos esperados en la productividad y la calidad de los productos y procesos. Esta evolución se deja normalmente en manos de ingenieros y tecnólogos, de reconocida capacidad y recursividad en los medios industriales colombianos. Sin embargo, no hay un lugar explícito para las funciones

— 11 Este concepto fue introducido por el "Boston Consulting Group" en 1968, como resultado de un estudio de la evolución de los costos y precios unitarios de alrededor de 2000 productos en función de la producción acumulada (que se denominó "experiencia"), cuyo reporte apareció en el libro "Perspectives on Experience".

más avanzadas de creatividad, e.g., aquellas requeridas en actividades de innovación tecnológica, ni una referencia explícita a las habilidades investigativas (aquellas que se adquieren mediante el entrenamiento de alto nivel en investigación) ni, por consiguiente, a las funciones de I&D industrial, que cumplen un papel fundamental en el aprendizaje de tecnologías avanzadas. En este orden de ideas no es extraño escuchar frases que recuerdan las palabras de Miguel de Unamuno (citado por Sagasti, 1989, p.167): "dejemos que otros inventen" (...y limitémosnos a aplicar). En efecto: ¿para qué inventar lo ya inventado? Este es un completo sin-sentido a la luz de la más ortodoxa racionalidad económica, que contrasta con la apreciación de Simón Rodríguez, el tutor de Simón Bolívar, hace más de 150 años: "o inventamos o erramos" (citado por Vesuri, 1990, p.1551). O, en palabras de un economista moderno: "no innovar es perecer" (Freeman, 1982, p.169).

Este marco conceptual tradicional ayuda a entender el papel que por décadas ha desempeñado la universidad en Colombia: estación difusora del conocimiento generado en otras latitudes¹². Esto en principio no sería cuestionable, pues a todas luces es un función auténtica de la academia universal. Lo cuestionable es que la universidad colombiana, en esencia, haya sido reducida a este único papel, en perjuicio del que aquí se argumenta debe ser su vocación fundamental: la formación de profesionales y científicos creativos, con capacidad para abordar y resolver de una manera original los problemas complejos que aquejan a la sociedad y la industria. En una palabra, con capacidad investigativa e innovadora. Esto no significa que todas las universidades tengan que ser instancias de investigación; muchas no podrán serlo, por muy variadas razones, y se centrarán en funciones de enseñanza. Queda, no obstan-

te, la duda sobre la calidad de la enseñanza impartida en tales circunstancias.

UNA NUEVA PERSPECTIVA DEL PAPEL DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

La visión neoclásica del papel del cambio tecnológico en el crecimiento económico no es la única, ni ella misma es una teoría estática; por el contrario, hay perspectivas alternativas a la neoclásica y desarrollos recientes de esta última que están en proceso de construcción, intentando asignar al cambio tecnológico un papel más central en el fenómeno económico.

Cuatro líneas de investigación se están desarrollando en el seno de la teoría neoclásica, con especial relevancia desde la óptica que interesa analizar aquí, las cuales se relacionan brevemente a continuación (Justman and Teubal, 1991): La primera apunta a las limitaciones inherentes a la eficiencia del mercado en relación con el capital y el recurso humano calificado, debido a un fenómeno de asimetría de información, que distorsiona la asignación óptima de capital en los proyectos de alto riesgo y la formación del recursos humano altamente calificado (Stiglitz, 1989). Una segunda línea de investigación ha sido fuertemente influenciada por el trabajo de Helpman and Krugman (1985), quienes han señalado el importante efecto de la competencia imperfecta en el comercio, abriendo un campo propicio para una política estatal de fomento selectivo a los sectores industriales más promisorios. Una tercera línea ha aplicado herramientas formales del análisis neoclásico a las nociones estructuralistas de economías pecuniarias externas recíprocas y decisiones de inversión interdependientes (ver los trabajos de Heller and Starret, 1976; Okuno-Fujiwara, 1986). Finalmente, una cuarta línea de análisis inten-

Apreciación de Simón Rodríguez, el tutor de Simón Bolívar, hace más de 150 años: "O inventamos o erramos"

ta incorporar algunas de las consideraciones estructuralistas a los modelos neoclásicos de crecimiento, en particular: modelos formales con una función de producción convexa-cóncava (Dechert and Nishimura, 1983); economías externas de escala en producción (Romer, 1986); economías externas en aprendizaje (Lucas, 1986; Azariadis and Drazen, 1988); y efectos de experiencias en la producción secuencial de productos cada vez más avanzados (Stokey, 1988).

En este artículo se desean explorar las posibilidades de la perspectiva estructuralista del cambio tecnológico, tal como la presentan Justman and Teubal (1991), como marco teórico apropiado para entender el papel de la universidad en los procesos de desarrollo tecnológico industrial y como base para la formulación de políticas y estrategias en esta dirección. En lo fundamental, esta perspectiva considera los cambios estructurales en la economía como una condición necesaria para el crecimiento, con la importante consecuencia de que la incapacidad para generar estos cambios puede retardar el desarrollo de un país. La perspectiva estructuralista enfatiza la importancia de la eficiencia dinámica, del desarrollo de la infraestructura y, especialmente, de la eficiente generación y asimilación de tecnología, soste-

— 12 Con esto no se está dando a entender que no haya investigación en las universidades colombianas. Pero sí que esta función no ha sido tradicionalmente demandada ni respaldada por la sociedad en su conjunto ni por los sectores productivos en particular (ver Yunis, 1988).

niendo que ésta no puede considerarse como el resultado automático de la acumulación del capital.

Según esta perspectiva, los cambios estructurales requeridos por las nuevas tecnologías no son siempre suaves ni automáticos, ni pueden ser generados óptimamente por las solas fuerzas del mercado. Dos aspectos del proceso de desarrollo son enfatizados: el papel central de las habilidades y capacidades tecnológicas específicas y la necesidad de un esfuerzo con suficiente masa crítica para su aplicación. Justman y Teubal argumentan que desde esta perspectiva el mercado puede dar lugar a ineficiencias en la asignación de recursos por tres razones: Primero, la eficiencia del sistema educativo como factor central en la acumulación de capital humano no puede darse por descontado. Segundo, la existencia de efectos de masa crítica puede significar una desviación de los precios derivados de los costos marginales, cuando estos efectos se manifiestan como economías internas de escala, o pueden dar lugar a externalidades a las que no se les puede asignar precio cuando dichos efectos son economías externas de escala. Finalmente, la importancia central de una infraestructura basada en capacidades tecnológicas específicas puede implicar tener que hacer una selección discreta entre múltiples posibilidades de desarrollo, si los recursos son limitados y la masa crítica de esfuerzo requerida es relativamente grande. Se argumenta que en este último caso un análisis de costos marginales puede no ser viable, y que no hay razón para asumir que un proceso de decisiones descentralizado sea eficiente, lo cual puede llevar a la necesidad de hacer un esfuerzo coordinado entre los diferentes agentes de la economía para ha-

cer viable el desarrollo de los sectores escogidos.

La perspectiva estructuralista propuesta por Justman y Teubal se soporta en contribuciones recientes al análisis del papel de la tecnología en el desarrollo económico, en particular: los estudios de Freeman y sus asociados en SPRU (Universidad de Sussex), sobre innovación; la teoría evolutiva del



cambio económico desarrollada por Nelson y Winter; estudios históricos sobre la naturaleza y la evolución de la tecnología, como los aportados por Rosenberg, y estudios sobre la relación entre industrialización y capacidades tecnológicas en países en vía de industrialización, como los patrocinados por el Banco Mundial. A continuación se presentan algunos de los elementos conceptuales básicos de estos desarrollos.

Una noción que es central en este marco teórico es la de "capacidades tecnológicas" (*techno-*

logical capabilities). Estas comprenden los recursos necesarios para generar y dirigir el cambio tecnológico, e incluyen (a) conocimientos, habilidades y experiencia, y (b) estructuras y conexiones organizacionales (Pavitt and Bell, 1992). Estas capacidades son acumuladas a nivel de firma a través de procesos de "aprendizaje" (Lall, 1980; Bell, 1984; Dodgson, 1991; Pavitt and Bell, 1992). Existen múltiples canales de aprendizaje, entre los cuales los más importantes son la experiencia de producción, la contratación y entrenamiento de personal especializado, la investigación y el desarrollo experimental, y la colaboración tecnológica.

La historia de la tecnología proporciona múltiples evidencias que rebaten la consideración del cambio tecnológico como una variable exógena al fenómeno económico (Rosenberg, 1982, Ch.7). La tecnología no sólo es una variable endógena, sino que en períodos de rápido cambio técnico, la acumulación de capacidades tecnológicas se constituye en factor competitivo de importancia estratégica, aún en las economías en proceso de industrialización. En efecto, los desarrollos científicos y tecnológicos de la humanidad, incorporados en nuevos procesos, productos y servicios, están socavando progresivamente las ventajas resultantes de la mano de obra barata y los recursos naturales o materias primas abundantes, que han sido tradicionalmente las ventajas comparativas de estos países. Este proceso está devolviendo la competitividad a sectores industriales de países desarrollados que la habían perdido a manos de países en vía de desarrollo (Mody et al, 1992). Cada vez más la posición competitiva de las empresas manufactureras, independientemente del grado de industrialización del

país, descansa en la gestión exitosa del cambio tecnológico, la cual se constituye así en un componente fundamental de la estrategia empresarial (Bessant, 1991).

Como componente fundamental de la estrategia empresarial, la acumulación de capacidades tecnológicas requiere inversión y esfuerzos deliberados de largo plazo; en esta perspectiva, el aprendizaje tecnológico empresarial está lejos de ser un resultado automático y gratuito de las actividades de producción (Bell, 1984). El desconocimiento de este principio ha llevado al fenómeno común en países en vía de industrialización de creación de una capacidad productiva sin un desarrollo simultáneo de capacidades tecnológicas. Esto ha resultado en el establecimiento de empresas industriales sin capacidad para generar y dirigir el cambio tecnológico, y en políticas de protección de una industria infantil que nunca alcanza la mayoría de edad (ver Bell et al, 1980).

Según Nelson and Winter (1982), la base de conocimiento y la memoria de una organización se mantiene en forma de "rutinas". Se argumenta que estas rutinas existen independientemente de los individuos de una firma y son capaces de sobrevivir considerable rotación de personal. Según esta perspectiva, una organización está en posibilidad de aprender y olvidar, y sus capacidades tecnológicas acumuladas son más que la suma de las capacidades individuales de su personal. Estas capacidades tecnológicas son, entonces, en alto grado "específicas" a una firma, "tácitas" y "acumulativas" (Dosi, 1988a; 1988b; Pavitt, 1991a). Los procesos de aprendizaje que permiten la acumulación de estas capacidades comprenden actividades de búsqueda de conocimientos, de difusión de los conocimientos y de evaluación del proceso (Dodgson, 1991).

La naturaleza del conocimiento tecnológico implica que su desarrollo se da a lo largo de "trayectorias tecnológicas" precisas (Dosi, 1982). Es decir, en determinado momento de su evolución, una empresa está constreñida en su desarrollo tecnológico ulterior por su historia pasada y su capacidad actual de generar, asimilar y aplicar conocimiento tecnológico. El desarrollo a lo largo de una trayectoria tecnológica implica cambios menores a los procesos, productos o servicios, o "innovaciones incrementales". La introducción de una nueva tecnología cualitativamente distinta de la anterior, o "innovación radical", puede dar lugar a una trayectoria diferente de desarrollo, o "discontinuidad tecnológica", originando un proceso de difusión que eventualmente afectará todos los sectores industriales comprometidos. En este caso, el aprendizaje tecnológico es un factor esencial de supervivencia empresarial, y una rápida capacidad de aprendizaje puede significar una importante ventaja competitiva, hasta tal punto que la "rapidez de llegar al mercado" se ha convertido hoy en una formidable arma competitiva (Mody et al, 1992).

Cuando la introducción de una nueva tecnología está acompañada de profundas transformaciones en la estructura socio-económica, da lugar a un nuevo "paradigma tecno-económico" (Pérez, 1983). Este concepto ha sido desarrollado adicionalmente por Freeman and Pérez (1988),

Cuando la introducción de una nueva tecnología está acompañada de profundas transformaciones en la estructura socio-económica, da lugar a un nuevo "Paradigma Tecno-Económico"

quienes se refieren a "una combinación de innovaciones de productos, procesos, técnicas, sistemas organizacionales y de gestión, relacionadas entre sí, que incorporan un salto "cuántico" en la productividad potencial de toda o gran parte de la economía y que abren un inusual amplio rango de oportunidades de inversión y ganancia" (pp. 47-48). Desde esta perspectiva, las naciones que pretendan tomar ventaja de las oportunidades abiertas por un nuevo paradigma tecno-económico tienen que involucrarse en un profundo cambio económico y social, que a nivel de firma debe ir acompañado de una transformación radical de las prácticas ingenieriles y gerenciales prevalecientes.

Cada paradigma tecno-económico se caracteriza por un insumo o grupo de insumos particulares denominados el "factor clave", que debe satisfacer un conjunto de condiciones, a saber: (1) su costo disminuye rápidamente y es percibido como relativamente bajo; (2) su suministro debe ser casi ilimitado; (3) tiene un claro potencial de uso en muchos productos y procesos en todo el sistema económico. Freeman y Pérez argumentan que estas condiciones fueron satisfechas por el acero y la electricidad en los dos últimos paradigmas y que ahora están siendo satisfechas por la microelectrónica, dando lugar al "paradigma de las tecnologías de la información".

La irrupción de este nuevo paradigma tiene importantes consecuencias en la transformación del papel de la universidad en los países en vía de industrialización. El dominio de las nuevas tecnologías es todavía menos susceptible que en paradigmas anteriores de ser adquirido mediante una actividad pasiva de producción o de mejoras incrementales realizadas en el lugar de trabajo. La nueva generación de tecnologías son intensivas en conocimiento y su

adopción exitosa demanda un nuevo esquema de habilidades y experiencias que van más allá de las tradicionales capacidades ingenieriles. Siendo tecnologías en continuo proceso de desarrollo, su implantación requiere funciones formales de I&D y la utilización de habilidades investigativas de alto nivel. La diversidad de campos del conocimiento involucrados en los complejos problemas que resultan en la implantación de las nuevas tecnologías, así como el riesgo y costo que representan, obligan a que cada vez más las empresas se vean obligadas a establecer procesos cooperativos con universidades y otras empresas en áreas precompetitivas y de investigación básica. La relevancia e importancia de la universidad en este nuevo contexto es indiscutible, y el desconocimiento de esta realidad puede traer profundas implicaciones para la competitividad internacional de la industria colombiana.

ECONOMIA DE LA I&D: DOS VISIONES EN CONFLICTO

Los estudios de política científica y tecnológica son un área académica relativamente nueva que puede ser definida, a grandes rasgos, en términos de "...cómo y por qué las unidades sociales emplean recursos en ciencia y tecnología, qué suerte de problemas surgen en ello y qué suerte de mejoras se pueden hacer" (Clark, 1985, p.17). Los estudios de la relación entre universidad e industria caen dentro de este campo de actividad; aquí también es preciso asignar recursos escasos entre diferentes opciones de desarrollo de las actividades académicas e industriales, en particular en relación con actividades investigativas, lo que abre una amplia perspectiva económica de tratamiento del problema, tanto desde una óptica teórica como aplicada. Desde esta perspectiva surge una pregunta altamente relevante para analizar el papel de la universidad

en los procesos de desarrollo tecnológico: ¿cuáles son las características de los resultados de la investigación y qué se puede deducir de esas características en términos de un esquema de incentivos y de organización? (Foray, 1993). Las respuestas a esta pregunta se pueden abordar desde dos marcos teóricos o programas

Los estudios de política científica y tecnológica son un área relativamente nueva.

investigativos en mutua confrontación¹³. El primero de ellos, afín al pensamiento económico tradicional, se soporta en el trabajo de Arrow (1962) sobre la economía de la información y considera los resultados de la actividad investigativa como conocimiento perfectamente codificable y transmisible. El segundo marco teórico ha sido desarrollado por Mowery and Rosenberg (1989) y Pavitt (1993), y considera la investigación como un proceso cuyos elementos constitutivos son fuertemente apropiables. Aunque no desarrollado desde esta perspectiva, este segundo programa es coherente con la concepción estructuralista del cambio tecnológico, en tanto que enfatiza la importancia de la acumulación de capacidades tecnológicas a nivel de organización.

Es importante anotar que la confrontación entre ambos programas proviene del hecho de que las proposiciones analíticas del primero se enmarcan en la economía de la información, en tanto que el segundo se soporta en una teoría económica que reconoce la especificidad de los procesos de producción de conocimiento, que se suponen distintos a los procesos de producción de información. Así pues, el pri-

mero considera la investigación como un RESULTADO, en tanto que el segundo la considera como un PROCESO. En relación con los retornos económicos de la investigación, el punto de vista de esta actividad como "resultado" (primer programa) reduce el análisis al marco tradicional de costo-beneficio, en tanto que si la investigación se examina en términos de "proceso" (segundo programa), los resultados no son reducibles a una cantidad dada de información, aún así una parte considerable de ellos sean efectivamente información. En este caso, los retornos económicos deben también incluir la mejora en las técnicas de investigación, las nuevas habilidades y conocimientos adquiridos durante el proceso, y los nexos establecidos interna y externamente durante el desarrollo de la investigación¹⁴

En lo referente a la distinción entre ciencia y tecnología, ésta radica, desde el punto de vista de la investigación como resultado, en las normas de organización social que las rige, especialmente en lo concerniente a la revelación del conocimiento (ver Dasgupta and David, 1986). En el marco del programa que considera la investigación como proceso, esta distinción hace referencia a dos

— 13 Una amplia discusión sobre los presupuestos y consecuencias de estos dos programas investigativos puede consultarse en Foray (1993, pp.9-13).

— 14 Para una excelente ilustración de cómo un proyecto de I&D, aún en el caso de que fracase, produce resultados colaterales que pueden ser fundamentales en el éxito de proyectos posteriores, ver Cohen and Levinthal (1989). El análisis de varios casos por parte de autores los lleva a concluir que el ejercicio de I&D es en sí mismo un proceso valioso de aprendizaje, independientemente del éxito o fracaso inmediato del mismo. Para el caso de la investigación académica, Whiston (1991) señala la inadecuación de modelos simplistas de evaluación de tipo entrada-salida, y argumenta la necesidad de metodologías evaluativas más "orgánicas" (ver también Whiston, 1992b).

complejidades en conflicto: la complejidad abstracta de la ciencia y la complejidad concreta de la tecnología (ver Pavitt, 1993).

Una tercera dimensión de análisis en que estos dos programas se contraponen es la utilidad social del esfuerzo investigativo. Desde la perspectiva de la investigación como resultado, el esfuerzo investigativo es inútil cuando se trata de reinventar la rueda: "no hay valor agregado cuando un descubrimiento es hecho una segunda o tercera vez" (Dasgupta, 1987, citado por Foray, 1993, p.11). Desde el punto de vista de la investigación como proceso, la reproducción de los hallazgos científicos en multitud de laboratorios es necesaria, aun así los resultados obtenidos sean similares. Una pregunta cobra aquí alta relevancia:

¿Debemos perseguir la eliminación de las duplicaciones, entendiéndolas como un factor de ineficiencia (Dasgupta, 1987), o debemos por el contrario buscar la organización de la redundancia, considerándola un elemento esencial del diseño de las organizaciones (Nonaka, 1990)? Claramente, la respuesta a esta pregunta depende de si la investigación es concebida en términos de resultado o de proceso (Foray, 1993, p.12)

Una última diferencia fundamental de ambos programas de investigación tiene que ver con el análisis de la cooperación en I&D. En el marco del primer programa lo que interesa son los resultados y, por tanto, la estabilidad de los acuerdos depende básicamente de la repartición y apropiación equitativa de los productos del proceso. Alternativamente, el segundo programa considera la cooperación como un proceso colectivo de aprendizaje a través del cual se generan no solamente resultados directos, sino que se produce *know-how* y se mejoran las técnicas de investigación y la normalización de productos, más allá de lo que se hubiera logrado mediante el esfuerzo individual.

EL PAPEL DE LA UNIVERSIDAD

Desde la visión económica tradicional es difícil justificar plenamente la necesidad de desarrollar la universidad investigativa como un propósito nacional indispensable para el desarrollo socioeconómico del país, entendiendo por universidad investigativa aquella en la que la investigación ocupa un lugar preponderante y permea todas las demás actividades académicas. Pero a la luz del nuevo marco teórico que se esbozó arriba, esta tarea adquiere plena vigencia y prioridad. Desde esta nueva perspectiva la función investigativa de la universidad cobra la necesaria relevancia y complementariedad con las funciones productivas de la industria, y la intervención estatal gana un nuevo sentido y coherencia.

La infraestructura del país puede utilizarse para complementar las capacidades acumuladas a nivel de la empresa

El análisis detallado parte de la consideración de que la adopción exitosa de tecnologías avanzadas es un proceso mucho más complejo que la simple utilización de conocimiento disponible: por el contrario, implica una firme determinación empresarial hacia el aprendizaje, bajo la orientación de una estrategia adecuada que involucre importantes componentes tecnológicos y organizacionales. Esta estrategia debe ser aparente en un conjunto de actividades dirigidas a acumular capacidades tecnológicas críticas en el largo plazo, incluyendo la búsqueda de conocimiento científico y tecnológico relevante, la contratación de investigadores y personal técnico especializado, la adquisición de instrumentos científicos para conducir experimentos y ensayos,

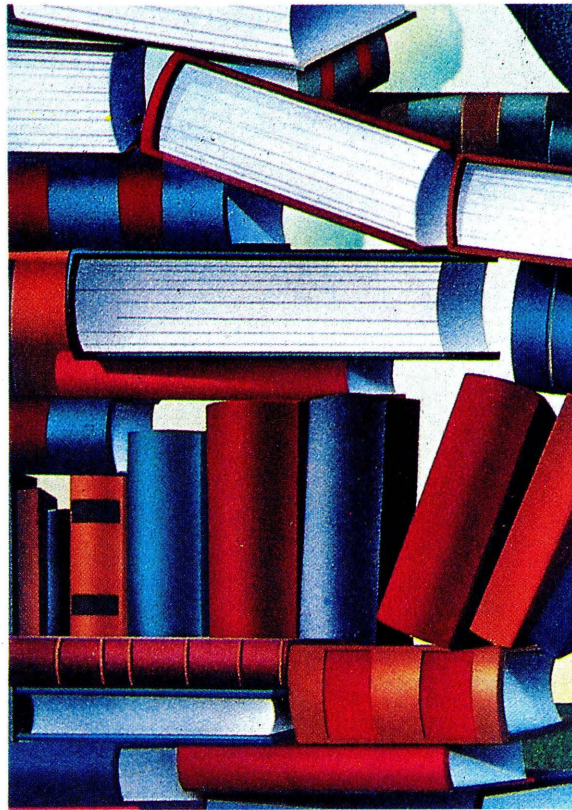
y el desarrollo de procedimientos y sistemas organizativos adecuados a las nuevas tecnologías.

La infraestructura del país (en recursos humanos, científicos y tecnológicos) puede utilizarse para complementar las capacidades acumuladas a nivel de la empresa. Sin embargo, dada la naturaleza del conocimiento tecnológico, un mínimo de capacidades tecnológicas ha de acumularse necesariamente en la organización, de manera que no se comprometa seriamente el éxito del proceso de implantación de las nuevas tecnologías¹⁵. En este sentido, la infraestructura de un país en ciencia y tecnología es complementaria, nunca sustitutiva, de las capacidades tecnológicas que deben ser acumuladas a nivel empresarial.

Aquí es preciso considerar la pertinencia de "lo nacional" en un mundo cada vez más internacional. La identificación de tecnologías con "información" o "paquetes tecnológicos" comercializables, propician el "dejemos que otros inventen" (...y nosotros aplicamos), dando lugar a una particular división internacional del trabajo, con países "inventores" y países "aplicadores". Sin embargo, cada vez es más claro que una condición para atacar con éxito los desafíos del desarrollo sostenible a escala global es el fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas endógenas en los países en vía de industrialización (ver Whiston, 1992a). A nivel de la unidad pro-

— 15 Por otra parte, la acumulación interna de capacidades puede ocasionar "irreversibilidades" que hagan que la especificidad de los recursos integrados a la firma se convierta en un obstáculo para el cambio (ver Gaffard, 1993). Hay, por tanto, como Foray (1993, p.14,15) señala, un "equilibrio organizacional" que tiene que ser determinado entre la necesidad de integrar recursos, como una condición del enriquecimiento de la organización, y la necesidad de dejar estos recursos en el mercado, como un requerimiento de reversibilidad".

ductiva, es claro que para poder beneficiarse del conocimiento generado en otras partes es necesario poseer una mínima capacidad "inventiva", sin la cual no se pueden reconocer las oportunidades tecnológicas ni se posibilita la adopción exitosa de las nuevas tecnologías. En palabras de Nelson (1990, p.131), "la tecnología es un bien público sólo para aquellos que han hecho las inversiones necesarias que los capacitan para servirse de ella" o, según Freeman (1991a,p.22), "las industrias competitivas en el mercado mundial sólo pueden emerger si desarrollan su propia capacidad de I&D y otras actividades técnicas". Estas palabras parecen estar soportadas por un gran cúmulo de evidencia empírica.



Esta hipótesis alternativa, que considera la tecnología en gran parte específica a la firma, tácita y acumulativa, implica que la transferencia de conocimientos tecnológicos requiere normalmente mecanismos más complejos que el simple intercambio de información (Senker and Faulkner, 1993; Imai and Baba, 1991; OECD, 1992). Estos mecanismos toman la forma de acuerdos de colaboración, I&D cooperativa, redes de innovación y otras categorías de interacción institucional entre productores; abastecedores y usuarios; firmas que en otras esferas serían competidores; universidad e industria; entidades gubernamentales y emprendedores privados. En una palabra, se requiere la acción sistémica, a nivel regional, de un conjunto de instituciones y agentes económicos, en cuya dinámica se compromete en gran medida el éxito del proceso de desarrollo tecnológico. Este conjunto de elementos sistémicos, que conforman la base de las capacidades tecnológicas de un país

y determina su potencial de innovación tecnológica, se ha dado en denominar "sistema nacional de innovación" (Lundval,1985; Freeman, 1987; Nelson, 1992; OECD,1992).

Bajo esta óptica, "lo nacional" importa y afecta en forma decisiva la capacidad competitiva de una industria. Esto, por supuesto, se aplica también a la universidad: la función de la universidad no es factible de sustituir por conexiones directas de la industria con la industria y las universidades extranjeras, en tanto que la transferencia de conocimientos y habilidades está altamente incorporada en las personas, y puesto que a pesar de la alta internacionalización de capital humano, las barreras de distancia y lenguaje son todavía elevadas (Pavitt,1991b).

La conceptualización tradicional de la tecnología como información que puede ser "empaquetada" y transferida sin mayores dificultades, incluso entre países,

se ha convertido en un verdadero escollo para el desarrollo de la universidad investigativa. No sin razón las comunidades académicas han tenido que recurrir con frecuencia a los propósitos nacionalistas de autonomía tecnológica, o al puro ideal de la modernidad, para justificar el apoyo estatal en los países latinoamericanos. Con miras a superar este escollo conceptual se propone en este marco teórico que el proceso de adopción exitosa de una tecnología avanzada requiere de capacidades investigativas propias y no se satisface con las mejores habilidades ingenieriles. La solución de los problemas complejos, frecuentemente de carácter interdisciplinario, que surgen en esta tarea, demanda la utilización de información altamente específica, de difícil

consecución e interpretación, y la utilización del método científico para abordar una posible solución. Con frecuencia se requiere desarrollar experimentos y ensayos para obtener información detallada sobre materiales y procesos, y necesariamente el conocimiento del "cómo" (*know-how*) tiene que ser complementado con el conocimiento del "por qué" (*know-why*).

Por otra parte, la adquisición de habilidades investigativas no es un proceso espontáneo. Aunque favorecido por una educación básica que cultive un espíritu creativo y una predisposición al trabajo en equipo, el proceso de desarrollo de capacidades investigativas en el individuo es un proceso educativo, que no solamente requiere un conocimiento avanzado en teorías y métodos científicos, sino la adquisición de un conocimiento tácito que sólo se transmite a través del mismo ejercicio de la investigación con la guía de investigadores activos en su respec-

tivo campo. La formación de estas habilidades investigativas es función primordial de la universidad y una importante razón de ser de la investigación académica.

Esta óptica ayuda a superar por completo la polémica sobre los "resultados" (en forma de paquetes tecnológicos, prototipos o simple información) a que está condenada la investigación universitaria desde la perspectiva tradicional. Sin negar la importancia de los resultados directos de la investigación universitaria, en forma de conocimientos científicos y tecnológicos, estos resultados adquieren la posición que les corresponde: es nuevo conocimiento que se agrega al cúmulo de conocimiento científico y tecnológico de la humanidad, y que de manera impredecible y muchas veces insólita, contribuye al proceso de innovación tecnológica que en las empresas industriales da lugar a nuevos productos, procesos o servicios.

La trampa de "¿dónde están los resultados?" que muchas veces se tiende a la universidad investigativa queda fuera de lugar. La producción de resultados, si se trata de conocimiento científico y tecnológico generado en la frontera investigativa, tienen su propia dinámica, interactuante pero diferente del desarrollo industrial, en lo que se podría denominar la actividad de la comunidad científica. Esta actividad tiene sus propias reglas y criterios de evaluación, definidos por prácticas desarrolladas a nivel internacional. Por otro lado, los resultados, si se trata de innovaciones tecnológicas, tienen su lugar propio en la actividad empresarial, y es, por tanto, la firma industrial la que debe dar cuenta de las innovaciones de productos, procesos y servicios. Esta delimitación de los campos de actuación de la ciencia y la tecnología da lugar, por otra parte, a frecuentes interacciones entre un campo y el otro: un investigador industrial puede, en determinado momento, producir un nuevo conoci-

miento científico, en tanto que un investigador científico puede, a su turno, dar con una potencial innovación tecnológica. Ni lo uno, ni lo otro deben, sin embargo, hacer perder de vista la identidad propia y la dinámica específica de la ciencia, por una parte, y la tecnología, por otra.

El desarrollo científico y tecnológico de un país, por tanto, no se puede limitar al desarrollo de su sector científico o universitario. No se puede pretender que la universidad asuma totalmente el compromiso del desarrollo tecnológico industrial, como tampoco que la industria asuma el de la generación de conocimiento científico. Ciencia y tecnología, universidad e industria, son dos caras de una misma moneda. El desarrollo

El desarrollo científico y tecnológico de un país, por tanto, no se puede limitar al desarrollo de su sector científico o universitario.

de la una no es viable sin el desarrollo de la otra, al menos en las áreas de las tecnologías avanzadas a que este artículo hace especial referencia, y en tales condiciones que un diálogo fructífero se establezca entre ambas. Este diálogo está garantizado por la comunalidad de métodos que utiliza tanto la una como la otra, en tanto que sólo hay un método probado para la generación de nuevo conocimiento, sea éste científico o tecnológico: la investigación. El diálogo debe ser continuo, con intensidad variable dependiendo del grado de "madurez" de la tecnología, pero de tal forma que una comunicación fecunda sea posible en cualquier etapa del desarrollo tecnológico:

una vez más hay que enterrar el viejo modelo lineal del proceso de innovación industrial.

La expresión más acabada de este diálogo continuo son las redes de investigación. El desarrollo científico y tecnológico ha sido siempre una actividad comunitaria y de carácter internacional, y hoy más que nunca estas características toman vigencia en consideración a la alta especialización del conocimiento, el rápido avance de la ciencia y la tecnología, y el alto riesgo y costo asociado a la investigación. El establecimiento y sostenimiento de estas redes investigativas es otra tarea altamente pertinente a la universidad. La vinculación a estas redes de los nuevos investigadores formados en la academia es una función relevante a la actividad académica. Los vínculos así establecidos servirán al investigador en su futura actividad industrial para mantenerse al tanto (y a través suyo, a la empresa) de los últimos desarrollos científicos y tecnológicos producidos en otras partes¹⁶. El investigador industrial, con los vínculos que le proporciona su formación académica, se constituye en la puerta que facilita la entrada a la empresa del conocimiento generado externamente. Este es un factor de éxito del proceso innovativo, identificado como tal en repetidas investigaciones, y que ha llevado a acuñar el término de "GATE KEEPER" para designar a este agente esencial del éxito innovativo.

Un último aspecto de la actividad académica merece también especial consideración por su relevancia para el desarrollo tecnológico industrial. Se trata de lo que se ha dado en denominar "instrumentalidades" (Solla Price, 1984), es decir, el conjunto de instrumentos, técnicas asociadas y

16 A este respecto las experiencias británicas y europeas podrían aportar interesantes lecciones (ver Whiston, 1988; Mytelka, 1992).

habilidades usadas en la conducción de experimentos y ensayos y en la interpretación de los resultados obtenidos. Se argumenta que en los períodos de alto cambio tecnológico, estas instrumentalidades se constituyen en un foco vital de la interacción entre ciencia y tecnología, entre universidad e industria, y que uno de los resultados de mayor significado económico de la investigación científica es su contribución al desarrollo de técnicas e instrumentos de observación y medición (Rosenberg, 1992; Solla Price, 1984). La importancia de las capacidades instrumentales como un insumo de los procesos de innovación tecnológica ha sido comprobado por Senker and Faulkner (1992) para el caso de las industrias de biotecnología y cerámica.

El papel de la universidad puede concebirse, entonces, como un sistema nacional de inteligencia que posibilita que un país: (a) se beneficie del conocimiento producido en cualquier parte del mundo, además del generado localmente y que puede responder a las especificidades de los problemas autóctonos; (b) forme las habilidades investigativas que requiere un país para enfrentar sus propios problemas, tanto en la esfera social como en la productiva, con las apropiadas conexiones con la comunidad científica y tecnológica internacional, y (c) se beneficie de los instrumentos científicos y las habilidades instrumentales asociadas que se requieren para construir e interpretar experimentos y ensayos.

CONCLUSIONES

Es preciso avanzar en el desarrollo de una teoría económica que dé adecuada cuenta del papel del cambio tecnológico en el crecimiento económico de los países en vía de industrialización. Una visión neoclásica simplista afecta desfavorablemente las políticas públicas de desarrollo tecnológi-

co industrial y las estrategias innovativas empresariales. Es de prever que esto continuará sucediendo hasta que no se modifique sustancialmente la base teórica y las herramientas conceptuales que dan soporte a estas actividades.

La perspectiva estructuralista del papel del cambio tecnológico en el crecimiento económico, tal como ha sido bosquejada aquí, constituye una alternativa a la visión económica tradicional, que se sugiere proporciona un marco teórico a los procesos de innovación, implementación y difusión de tecnologías avanzadas más coherentes con la evidencia acumulada sobre la naturaleza y dinámica de los mismos. En este contexto cobra un nuevo sentido la acumulación de capacidades investigativas en la empresa, el papel de la universidad y la intervención estatal en el desarrollo industrial.

En particular, desde esta perspectiva la función investigativa de la universidad encuentra un sentido económico que legitima el esfuerzo que demanda, sin entrar en contradicción con el papel creativo, autónomo y crítico, que constituye la razón de ser de la comunidad científica. Se propone que la universidad investigativa desempeña, en este contexto, la función de un sistema inteligente que interactúa de múltiples formas con los procesos innovativos industriales, en una dinámica constante que rompe la cadena de procesos sucesivos de los tradicionales modelos lineales.

No obstante, este marco teórico está aún en estado incipiente de desarrollo, y sus enunciados fundamentales están todavía por verificar. En esta dirección es necesario desarrollar un gran esfuerzo investigativo que, sin lugar a dudas, puede arrojar mucha luz sobre el papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo del país y, como consecuencia, servir de plataforma de acción para las transformaciones socio-económi-

cas que exige el desarrollo equilibrado de Colombia.

REFERENCIAS

Alvarez, B. (1991a), "Capital Social de la Investigación en América Latina", en Alvarez, B. y Buttedahl, P. (Eds.), *Ciencia, Educación Superior y Desarrollo en América Latina*, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID, pp.9-23.

Alvarez, B. (1991b), "Programas de Doctorado: Una Decisión Inaplazable", en Cárdenas, J.H. (Ed.), *Doctorados: Reflexiones para la Formulación de Políticas en América Latina*, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Universidad Nacional de Colombia, Tercer Mundo Editores, Santa Fe de Bogotá, pp.19-25

Alvarez, B. y Buttedahl, P. (Eds.) (1991), *Ciencia, Educación Superior y Desarrollo en América Latina*, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID).

Arrow, K. (1962), "Economic Welfare and the Allocation of Resources to Invention", in Nelson, R.R. (Ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, National Bureau of Economic Research, Princeton.

Azariadis, C. and Drazen, A. (1988), *Threshold Externalities and Economic Development*, Quarterly Journal of Economics.

Bell, M. (1984), "Learning and the Accumulation of Industrial Technological Capability in Developing Countries", in Fransman, M. and King, K. (Eds.), *Technological Capability in the Third World*, Macmillan.

Bell, M., Scott-Kemmis, D. and Satyarakwit, W. (1980), *Learning and Technical Change in the Development of Manufacturing Industry: A Case Study of a Permanently Infant Enterprise*, Science Policy Research Unit, University of Sussex, Brighton (UK). Mimeo.

Bessant, J. (1991), *Managing Advanced Manufacturing Technology: The Challenge of the Fifth Wave*, NNC Blackwell, Oxford (U.K.).

BID-COLCIENCIAS (1988) *Seminario sobre Políticas y Experiencias en Sectores Económicos de Tecnologías Avanzadas en América Latina y Colombia*, Memorias, Manizales (Colombia), octubre.

Bonilla, M.G. (1992), "Tendencias de la Productividad en la Industria Manufacturera Colombiana", en Garay, L.J. (Ed.), *Estrategia Industrial e Inserción Internacional*, FESCOL, Santa Fe de Bogotá.

Brunner, J.J. (1988), *La Comunidad Científica en América Latina*, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID).

- Cárdenas, J.H. (Ed.)(1991), *Doctorados: Reflexiones para la Formulación de Políticas en América Latina*, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Universidad Nacional de Colombia, Tercer Mundo Editores, Santa Fe de Bogotá.
- Cardoso, R.H. and Faletto, E. (1979). *Dependency and Development in Latin America*, University of California Press.
- Chudnovsky, D. and Bisang, R. (1992), *Towards a New Role for Industrial Technology Institutes in Developing Countries*, (mimeo) Buenos Aires.
- Clark, N. (1985), *The Political Economy of Science and Technology*, Basil Blackwell, Oxford (U.K).
- Clavijo, S. (1990), "El Crecimiento y la Relación Incremental Capital/Producto en Colombia: Un enfoque de Oferta Agregada 1950-89", *Coyuntura Económica*, junio, Santa Fe de Bogotá.
- Cohen, W.M. and Levinthal, D.A. (1989). "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D", *The Economic Journal*, Vol.99, Sep., 569-596.
- Colciencias (1992), *Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología: Convocatoria a la Creatividad*, Tercer Mundo Editores, Santa Fe de Bogotá.
- Contraloría General de la República (1992), *Informe Financiero*, noviembre, Santa Fe de Bogotá.
- Coombs, R.et al (1987), *Economics and Technological Change*, Rowman & Littlefield.
- Dasgupta, P. (1987), "The Economic Theory of Technology Policy", in Dasgupta, P. and Stoneman (Eds.). *Economic Policy and Technology Performance*, Cambridge University Press, Cambridge (U.K.)
- Dasgupta, P. and David, P. (1986). "Information Disclosure and Economics of Science and Technology", in Feiwel (Ed.), *Arrow and the Accent of Modern Economic Theory*, New York University Press.
- Dasgupta, P. and Stoneman (Eds) (1987), *Economic Policy and Technology Performance*, Cambridge University Press, Cambridge (U.K.).
- Dechert, W.D. and Nishimura, K. (1983). "A complete Characterization of Optimal Growth Paths in an Aggregate Model with a Non-Concave Production Function", *Journal of Economics Theory*, Vol,31, pp.332-354.
- Departamento Nacional de Planeación (1991), *Política de Ciencia y Tecnología*, Documento DNP-2540-UDIT-COLCIENCIAS, Santa Fe de Bogotá.
- Dodgson, M (1991), *Technological Collaboration and Organizational Learning: A Preliminary Review of Some Key Issues*, DRC Discussion Paper No. 85, Science Policy Research Unit, University of Sussex, Brighton.
- Dosi, G. (1982), "Technological Paradigms and Technological Trajectories", *Research Policy*, Vol. 11. pp. 147-162.
- Dosi, G. (1988b), "The Nature of the Innovative Process", Ch. 10 in Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R.R., Silverberg, G. and Soete, L.L.G.(Eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter.
- Dosi, G. Freeman, C. Nelson, R.R., Silverberg, G. and Soete, L.L.G. (Eds.) (1988), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publisher.
- Echavarría, J.J. (1990), "Cambio Técnico, Inversión y Reestructuración Industrial en Colombia", *Coyuntura Económica*, junio, Santa Fe de Bogotá.
- ECLAC (United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean) (1990), *Changing Production Patterns with Social Equity*, Santiago (Chile).
- Feiwel (Ed.) (1986), *Arrow and the Accent of Modern Economic Theory*, New York University Press.
- Fishlow, A. (1989), "Latin American Failure against the Backdrop of Asian Success", *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 505, Sep., pp. 117-128.
- Foray, D. (1993), "General Introduction", in Foray, D. and Freeman, C. (Eds), *Technology and the Wealth of Nations: The Dynamics of Constructed Advantage*, OECD, Pinter Publishers, pp.1-22.
- Foray, D. and Freeman, C. (Eds.) (1993), *Technology and the Wealth of Nations: The Dynamics of Constructed Advantage*, OECD, Pinter Publishers.
- Fransman, M. and King, K. (Eds.) (1984), *Technological Capability in the Third World*, Macmillan.
- Freeman, C. (1982) *The Economics of Industrial Innovations*, 2nd. edition, Frances Pinter.
- Freeman, C. (1987), *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, Pinter Publishers.
- Freeman, C. (1991a) *Catching up in World Growth and Trade*, SPRU/MERIT, Brighton (U.K.).
- Freeman, C. (1991b), *Developing Technological Capability in a Competitive World*, SPRU/MERIT, Brighton (U.K.).
- Freeman, C. and Pérez, C. (1988), "Structural Crisis of Adjustment: Business Cycles and Investment Behaviour", Ch.3 in Dosi, G. et al (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publisher.
- Gaffard, J.L. (1993), "Towards a Theory of a Creation of Technology as an Out-of-Equilibrium Process", in Foray, D. and Freeman, C. (Eds.), *Technology and the Wealth of Nations: The Dynamics of Constructed Advantage*, OECD, Pinter Publishers, pp.135-144.
- Garay, L.J. (Ed.)(1992), *Estrategia Industrial e Inserción Internacional*, FESCOL, Santa Fe de Bogotá.
- Heller, W. and Starret, D. (1976), "On the Nature of Externalities", in Lin, S.(Ed.), *Theory and Measurement of Economic Externalities*, Academic Press, New York.
- Helpman, E. and Krugman, P.R. (1985), *Market Structure and Foreign Trade*, MIT Press, Cambridge MA.
- Herrera, A.O. (1976), *Ciencia y Política en América Latina*, Siglo XXI Editores, 5a Edición.
- Imai, K.J. and Baba, Y. (1991), "Systemic Innovation and Cross-Border Networks: Transcending Markets and Hierarchies to Create a New Techno-Economic System", in OECD, *Technology and Productivity: The Challenges for Economic Policy*, París.
- Justman, M. and Teubal, M. (1991). "A Structuralist Perspective on the Role of Technology in Economic Growth and Development", *World Development*, Vol.19, No.9, pp.1167-1183.
- Lall, S. (1980), "Developing Countries as Exports of Industrial Technology", *Research Policy*, Vol. 9, pp.24-52.
- Lin, S.(Ed.)(1976), *Theory and Measurement of Economic Externalities*, Academic Press, New York.
- Lucas, R.E. (1986), "On the Mechanics of Economic Development", *Chung Hua Series of Lectures*, Academic Sinica, Taipei.
- Lundval, B.A. (1985), *Product Innovation and User-Producer Interaction*, Aalborg University Press, Aalborg.
- Mody, A., Suri, R. and Sanders, J. (1992), "Keeping Pace With Change: Organizational and Technological Imperatives", *World Development*, Vol 20, No.12, pp. 1797-1816.
- Mowery, D. and Rosenberg, N (1989), *Technology and the Pursuit of Economic Growth*, Cambridge University Press.
- Mytelka, L. (1992), *Strategic Partnering: Some Lessons for Latin America* (mi-

meo, first draft), Carleton University, LAREA/CEREM, Université Paris X.

Nelson, R.R.(Ed.)(1962), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, National Bureau of Economic Research, Princeton.

Nelson, R.R.(1990), "U.S. Technological Leadership: Where Did it Come from and Where Did it Go?", *Research Policy*, Vol. 19, pp. 117-132.

Nelson, R.R.(1992), "National Innovation Systems: A Retrospective on a Study", *Industrial and Corporate Change*, Vol 1, No. 2, pp. 347-374.

Nelson, R.R. and Winter, S.(1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Belknap Press, Cambridge, Mass.

Nonaka, I.(1990), "Redundant, Overlapping Organisation: A Japanese Approach to Managing the Innovative Process", *Californian Management Review*.

OECD (1991), *Technology and Productivity: The Challenges for Economic Policy*, Paris.

OECD (1992), *Technology and the Economy: The Key Relationships*, The Technology/Economy Programme, Paris.

Okuno-Fujiwara, M.(1986), *Interdependence of Industries, Co-ordination Failures and Strategic Promotion of Industries* (mimeo), Faculty of Economics, University of Tokyo, Tokyo.

Oldham, G.(1992), *The Transformation of Public Industrial Laboratories: A Note on a Programme of Work for UNIDO*, UNIDO, Vienna.

Pavitt, K.(1991a), "Key Characteristics of the Large Innovating Firm", *British Journal of Management*, Vol. 2, pp. 41-50.

Pavitt, K.(1991b), "What Makes Basic Research Economically Useful?", *Research Policy*, Vol. 20, pp. 109-119.

Pavitt, K.(1993), "What Do firms Learn from Basic Research?", in Foray, D. and Freeman, C. (Eds.), *Technology and the Wealth of Nations: The Dynamics of Constructed Advantage*, OECD, Pinter Publishers, pp. 29-40.

Pavitt, K. and Bell, M.(1992), *National Capacities for Technological Accumulation: Evidence and Implications for Developing Countries*, World Bank Annual Conference on Development Economics, Washington, April 30 and May 1.

Pérez, C.(1983), "Structural Changes and the Assimilation of New Technologies in the Economic and Social System", *Future*, Vol. 15, No. 5, pp.357-375.

Romer, P. (1986), "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political*

Economy, Vol. 94, pp. 1002-1037.

Rosenberg, N.(1982), *Inside the Black Box - Technology and Economics*, Cambridge, Cambridge University Press, Cambridge.

Rosenberg, N.(1982), "How Exogenous is Science?", Ch. 7 in Rosenberg, N., *Inside the Black Box-Technology and Economics*, Cambridge University Press, pp. 141...

Rosenberg, N.(1992). "Scientific Instrumentation and University Research", *Research Policy*, Vol. 21, pp. 381-390.

Sábato, J.(1973), "Atomic Energy in Argentina: A Case History", *World Development*, Vol. 1, No. 8.

Sábato, J., Wotman, O. and Gargiulo, G. (1978), *Energía Atómica e Industria Nacional*, Organization of American States, SG/P.1,FTT/47, Washington,D.C.

Safford, F.(1976), *Ideal of the Practical: Colombia's Struggle to Form a Technical Elite*, Texas U.P.

Sagasti, F.R.(1989), "Science and Technology in the Future of Latin America", *Future*, April, pp. 161-168.

Senker, J. and Faulkner, W. (1992), "Industrial Use of Public Sector Research in Advanced Technologies: A Comparison of Biotechnology and Ceramics", *R&D Management*, Vol. 22, No.2. pp. 157-175.

Senker, P. and Faulkner, W.(1993), *Networks, Tacit Knowledge and Innovation*, Paper presented to Second ASEAT Conference, Technological Collaboration: Networks, Institutions and States, Manchester, April.

Solla Price, D. de(1984), "The Science/Technology Relationship, the Craft of Experimental Science, and Policy for the Improvement of High Technology Innovation", *Research Policy*, Vol. 13, No. 1, pp. 3-20.

Solow, R.M.(1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, August, pp. 312-320.

Stiglitz, J.A.(1989), "Markets, Market Failures, and Development", *American Economic Review: Papers and Proceedings*, Vol. 79, pp. 197-203.

Stokey, N.L.(1988), "Learning by Doing and the Introduction of New Goods", *Journal of Political Economy*, Vol. 96, pp. 701-717.

Syrquin, M.(1987), "Crecimiento Económico y Cambio Estructural en Colombia: Una Comparación Internacional", *Coyuntura Económica*, diciembre, Santa Fe de Bogotá.

Uricoechea, F.(1991), "Ciencia y Educación Superior en Colombia" Tendencias y

Perspectivas", en Cárdenas, J.H.(Ed.), *Doctores: Reflexiones para la Formulación de Políticas en América Latina*, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Universidad Nacional de Colombia, Tercer Mundo Editores, Santa Fe de Bogotá, pp. 237-263.

Vessuri, H.M.C. (1990), "O Inventamos o Erramos: The Power of Science in Latin America", *World Development*, Vol. 18, No. 11, pp. 1543-1553.

Whiston, T.G.(1988), *Improving Academic-Industrial Collaboration? Education Policy and Academic-Industrial Collaboration: An Analysis on Review*, Report to Alvey Programme, SPRU, University of Sussex, Brighton (U.K.).

Whiston, T.G.(1991), *The Evaluation of ESRC Research Centres, A Report to the Council of the ESRC*, SPRU, University of Sussex, Brighton, 59 pp.

Whiston, T.G.(1992a), *Global Perspective 2010 - Task for Science and Technology: A Synthesis Report*, A report for the FAST Programme, Commission of the European Communities, Directorate-General Science, Research and Development, Theme C, Vol 1.

Whiston, T.G.(1992b), *The Virility of Academe: Independence and Accountability at the Close of the Twentieth Century*, Paper presented at the conference on "Coping with Trouble: How Researchers and Research Institutes React to Political Disturbances of their Research Conditions", Max-Planck Institut für Gesellschaftsforschung, Cologne (Germany), Nov.2, 1992.

Williams, B.(1986), "The Direct and Indirect Role of Higher Education in Industrial Innovation: What Should we Expect?", *Minerva*, Vol. 26, No. 2-3, pp. 145-171.

Yunis, E.(1988), "Reestructuración Económica: Ciencia, Tecnología, Educación en Colombia", Memorias del Seminario sobre Políticas y Experiencias en Sectores Económicos de Tecnologías Avanzadas en América Latina y Colombia, BID-COLCIENCIAS, Manizales (Colombia), octubre, pp. 35-43.