

POLÍTICAS Y AVANCES EN LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN EN COLOMBIA 1990-2005

*Florentino Malaver Rodríguez***
*Marisela Vargas Pérez****

* El presente artículo es el resultado de varios trabajos que ha realizado el Grupo de investigación Conocimiento, Innovación y Competitividad (Cincco), adscrito a la Pontificia Universidad Javeriana y reconocido en CATEGORÍA A por Colciencias: (i) el proyecto de investigación *La oferta de ciencia y tecnología en Bogotá y Cundinamarca* adelantado con el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), en el marco de la Agenda Regional de Ciencia y Tecnología de Bogotá y Cundinamarca, 2004; (ii) la ponencia *Los avances en las capacidades de producción y divulgación científica en Colombia entre 1994-2004 y su relación con las políticas públicas*, presentada en el XI Seminario de Gestión Tecnológica ALTEC 2005, “Innovación tecnológica, cooperación y desarrollo”, realizado en Brasil entre el 25 y el 28 de octubre de 2005; (iii) la consultoría contratada en 2005 por Colciencias, sobre el componente de innovación del Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2020, que dio lugar al documento *De la imitación a la creación: una apuesta por la innovación, la competitividad y el desarrollo en Colombia*. Al respecto véase: Malaver y Vargas (2004d y 2005a) y Malaver, Vargas y Sierra (2005b). El artículo se recibió el 21-09-2005 y se aprobó el 13-12-2005.

** Magíster en Economía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 1992. Economista, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja, Colombia, 1982. Profesor asociado del Departamento de Administración de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Director del Grupo de Investigación Cincco. Correo electrónico: fmalaver@javeriana.edu.co.

*** Economista, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 1999. Ingeniera industrial, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 1997. Investigadora del OCyT, Bogotá, Colombia. Miembro del Grupo de Investigación Cincco. Correo electrónico: mvargas@ocyt.org.co.

RESUMEN

El artículo diagnostica los avances en la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) en Colombia entre 1990 y 2005, y a partir de allí explora: (i) los logros y fracasos de las políticas del período orientadas a estimular dichos avances; (ii) los desafíos que enfrenta el país para convertir el conocimiento y, la innovación en particular, en una fuente primordial de su competitividad y desarrollo. Para ello revisa los aportes de: las perspectivas neoclásica y evolutiva sobre la relación entre el cambio técnico, el crecimiento y el desarrollo; la literatura sobre las recientes experiencias de industrialización exitosa y los sistemas nacionales de innovación. De allí extrae las implicaciones para la política de CTI. Se acude a información oficial, publicaciones nacionales e internacionales, y varios estudios de los autores, para evaluar algunos indicadores sobre los esfuerzos y resultados obtenidos en materia de: innovación; capacidades de producción y divulgación científica, y articulación entre los actores de los ámbitos científico, tecnológico y productivo. Los resultados indican notables avances en el campo de la ciencia y precarios resultados en el tecnológico y en la articulación entre los actores de estos ámbitos. De allí se extraen los desafíos de política.

Palabras clave: políticas de CTI, competitividad e innovación, sistema nacional de innovación, indicadores de CTI, grupos de investigación, revistas científicas.

ABSTRACT

The Relationship between Policy, and Advances in Science, Technology and Innovation in Colombia: 1990-2005

The paper identifies advances in science, technology and innovation (STI) in Colombia between 1990 and 2005, and then explores: (i) the successes and failures of policies designed to stimulate advances, and (ii) the challenges facing the country when converting knowledge and, especially, innovation into primary sources of development and competition. The paper reviews neoclassical and evolutionary contributions in terms of their relationship with technological change, growth and development, and looks at the literature on recent experiences of successful industrialization and national innovation systems. It then moves on to the implications for STI policy, using official information, domestic and international publications and a number of the authors' investigations to evaluate some of the efforts and results indicators related to innovation, production capacity, and scientific divulgation and articulation between actors in the scientific, technological and productive fields. The results show notable advances in science, but precarious results for technology and the links between actors in these fields. The paper then examines the political challenges.

Key words: STI policy, competition and innovation, National Innovation System, STI indicators, groups of investigation, scientific journals.

Introducción

Ante los retos que plantean los acuerdos comerciales en trámite —Tratado de Libre Comercio (TLC), Área de Libre Comercio de las Américas (ALCA), etc.—, el deterioro ambiental y el crecimiento de la informalidad, la pobreza y la inequidad en el último decenio, es acuciante convertir el conocimiento en fuente principal de la competitividad y el desarrollo del país. Para contribuir a ello, el texto retoma, articula y desarrolla los resultados de varios estudios y trabajos académicos de sus autores sobre la evolución de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) en Colombia. Su objetivo es establecer los principales avances registrados en los últimos quince años en el ámbito de la CTI, y su relación con las políticas orientadas a estimular su desarrollo.

A fin de alcanzar los objetivos propuestos, primero se elabora un marco para el análisis de la relación entre la política, los avances en la CTI y la contribución de ésta al desarrollo del crecimiento, la competitividad y el desarrollo. Segundo, se esbozan los desarrollos institucionales y las políticas del período estudiado. Tercero, se analiza la evolución de los indicadores en materia de: los esfuerzos para desarrollar los recursos y capacidades de innovación, de producción y divulgación científica en el país; los resultados obtenidos en ambos frentes en el período estudiado, y los avances en la articulación entre los actores de los ámbitos científico, tecnológico y productivo. Cuarto, se presenta un breve balance de los resultados de esa evolución. Por último, para enfrentar los problemas detectados en el diagnóstico anterior se proponen pautas para asumir los principales desafíos de política detectados.

El artículo busca contribuir a llenar, así sea en una mínima parte, la escasez de trabajos publicados sobre los avances en el campo de la CTI y la evaluación de los logros de política en el país. Busca alimentar, igualmente, la discusión en curso sobre la Visión Colombia 2019 (PR-DNP, 2005) y sobre el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación Colombia (Pencti) 2005-2020. Para ello, parte de una premisa: sólo a partir de una amplia e informada participación de actores relevantes para el desarrollo de la CTI y de su articulación con los procesos y políticas de carácter económico, social, cultural, ambiental y político que vive el país, ésta contribuirá significativamente a mejorar la competitividad y el desarrollo.

Una precisión sobre la orientación, los alcances y las limitaciones del artículo es necesaria: por su naturaleza, el texto no puede ser exhaustivo, ni pretender constituirse en una evaluación rigurosa y típica de política pública —de CTI en este caso—, esto es, en términos de su eficiencia, eficacia, efectos e impactos (Malaver, Perdomo y Zerda, 1999; Villaveces *et al.*, 2005); se concentra más bien, en algunos indicadores que contribuyen a dar una visión global sobre la evolución y avances de la CTI en Colombia y los logros más visibles y atribuibles a la política diseñada para estimularla.

1. Un marco para analizar los avances de la CTI

Con el fin de mostrar el marco que guía el artículo, en las líneas que siguen se efectúa una rápida revisión de la literatura que examina la relación entre el desarrollo del conoci-

miento científico y tecnológico y sus vínculos con las políticas de CTI en: (i) la relación entre el cambio técnico y el crecimiento, y las políticas para estimularlos; (ii) los aportes de los desarrollos teóricos generales y las experiencias de los países de reciente industrialización, leídos desde la perspectiva de la política para los países en vía de desarrollo; (iii) los planteamientos y desarrollos en torno a los sistemas nacionales de innovación (SNI) leídos también desde la realidad de los países latinoamericanos y sus implicaciones de política, y (iv) las capacidades de producción y divulgación científica.

1.1 Cambio técnico, competitividad y política: elementos para su análisis

En general, existe un amplio consenso en torno al papel del progreso técnico como motor del crecimiento y el desarrollo. En la teoría económica el análisis de esa relación se encuentra en Schumpeter (1934) y en las perspectivas neoclásica y evolutiva. Entre ellas también existe acuerdo sobre la noción del conocimiento científico como un bien público y la necesidad de políticas públicas para estimular la actividad científica, debido al largo plazo para obtener resultados y las dificultades para apropiarlos.

Bien distinta es la situación en el caso de la tecnología, en razón de las diferencias en las concepciones sobre el conocimiento tecnológico y las políticas para desarrollarlo. En la tradición neoclásica, el progreso técnico tiene una fuerte incidencia en la productividad total de los factores (PTF) y ésta en el crecimiento (Solow, 1956; Swan, 1956; Griliches, 1986). Sin embargo, su concepción exógena del cambio técnico es controvertida por la

llamada teoría endógena del cambio técnico (Romer, 1986 y 1990; Mankiw, Romer y Weil, 1992; Grossman y Helpman, 1991).

La endogenización del cambio técnico representa un avance frente la visión exógena, por cuanto reconoce la naturaleza acumulativa y la no neutralidad del progreso tecnológico en el contexto de la función de producción. Sin embargo, ambos modelos consideran que el conocimiento incorporado en las nuevas tecnologías tiene características de bien público (Griliches, 1986; Aghion y Howitt, 1992 y 1998; Barro y Sala-I-Martin, 2003). Por ello se adhieren a la visión lineal según la cual el conocimiento generado por la investigación de base, la aplicada y las actividades tecnológicas, es accesible con relativa facilidad y bajos costos, por otros (Pavitt, 1997).

Las implicaciones de esta percepción son claras: a través de actividades como la compra de nueva maquinaria y equipos (o de licencias) es posible acceder, con relativa facilidad, a los nuevos conocimientos desarrollados o, lo que es lo mismo, a las nuevas tecnologías.¹ De este modo, a través de la acumulación de capital se tiene acceso inmediato y gratuito al desarrollo tecnológico.

Los desarrollos teóricos —apoyados en sus análisis empíricos— alejan a la perspectiva evolutiva de esas simplificaciones. Para sus cultores, el conocimiento tecnológico es es-

¹ Frente a la noción de tecnología es útil retomar a Pavitt, “utilizaré el término tecnología para referirme tanto a los artefactos físicos como al conocimiento, encarnado en personas, para usar, desarrollar y mejorar tales artefactos” (1997, p. 191).

pecífico (a las empresas, a los productos y a los procesos) y complejo; se construye y acumula gradualmente (generando trayectorias particulares de avance técnico), y tiene componentes tácitos, que dificultan su transmisión y uso por otras empresas (Nelson y Winter, 1982; Pavitt, 1997; Dosi, 1988a, 1988b y 1997).

El conocimiento tecnológico se construye en la empresa a partir de lo que se sabe, y a través del uso de las tecnologías adquiridas (*learning by using*), de la experiencia productiva (*learning by doing*) y la solución de problemas (*learning by solving*). De esta forma se acumula gradualmente, y se despliega en rutinas que encarnan la forma normal de hacer las cosas en la firma, que dan lugar a inercias que inciden en el desarrollo futuro de sus tecnologías. Se configuran así trayectorias tecnológicas que son específicas a cada empresa y *path dependents* (Pavitt, 1997; Nelson y Sampat, 2001; Langlois y Robertson, 1995).

Esos procesos informales de aprendizaje generan conocimientos tácitos e idiosincrásicos que, de este modo, son difícilmente codificables y transferibles a otras empresas o equipos de trabajo distintos a quienes compartieron la experiencia que los originó (Nelson y Sampat, 2001; Langlois y Robertson, 1995).

La especificidad y el carácter acumulativo de las tecnologías reclaman, por otra parte, el desarrollo de actividades y capacidades tecnológicas para las empresas que las adquieren. Para hacerlas funcionar se requieren modificaciones que tornan costosa la incorporación, y a menudo adaptaciones que

conllevan aprendizajes y desarrollos tecnológicos. El carácter acumulativo, por su parte, se traduce en que la búsqueda y selección de tecnologías y se hace a partir de lo que ya se sabe (Pavitt, 1997).

En consecuencia, el desarrollo tecnológico endógeno, y el que es producto de la adaptación, exige de las firmas, más allá de las capacidades productivas, el desarrollo de sus capacidades tecnológicas.² Por lo tanto, la acumulación de capital resulta insuficiente para explicar el ritmo y dirección del ámbito técnico, incluso cuando éste es adoptado.

Las políticas de CTI derivadas de esos planteamientos tienen convergencias y divergencias. Los enfoques concuerdan en la necesidad de apoyar el desarrollo científico por su carácter de bien público y su contribución al desarrollo de la sociedad. También concuerdan en que la dinámica y dirección del desarrollo tecnológico son obstruidas por fallas del mercado (como información imperfecta, problemas de apropiación de los productos de la investigación/innovación, que inciden en niveles de inversión subóptima) y por excluibilidad (por problemas de disponibilidad, accesibilidad, el costo y la capacidad para apropiarlo³), que

² Bell y Pavitt (1993) establecen la diferencia entre las capacidades tecnológicas y las productivas. Las primeras se refieren a los recursos y habilidades para gestionar y generar el cambio técnico, incluyendo los conocimientos, las experiencias y los vínculos institucionales; las segundas, se refieren a los bienes de capital, al conocimiento y a las destrezas laborales que sirven para producir utilizando una tecnología determinada.

³ Para mayor detalle, especialmente en lo relacionado con la financiación de las actividades de I+D e innovación se puede ver a Becchetti y Sierra (2002).

abren espacio a la intervención bien sea directa o a través de incentivos estatales (para, por ejemplo, reducir las asimetrías de acceso a la información o la defensa de la propiedad intelectual).

Las diferencias radican en el foco de la intervención: la acumulación de capital, en unos casos; o la acumulación de capacidades, en otros. También en los énfasis e intensidad de la intervención: la teoría neoclásica, en lo macro —olvidando la heterogeneidad de la tecnología— (Wad, 1995); la teoría evolutiva, en lo micro y en lo meso, así como en el reconocimiento de la especificidad y diferencias del desarrollo tecnológico a nivel de las empresas, las tecnologías, los sectores y las relaciones entre la ciencia y la tecnología (CyT) (Pavitt, 1984 y 1997).

1.2 El desarrollo tecnológico y la innovación en los PED: lecciones de política

Las aproximaciones teóricas esbozadas, así como los recientes procesos de industrialización, aportan elementos fundamentales para entender la dinámica del cambio técnico en los países en desarrollo (PED) y establecer las orientaciones de políticas más pertinentes, con miras a elevar su contribución al crecimiento, la competitividad y el desarrollo.

Desde las perspectivas neoclásica y del crecimiento endógeno, la acumulación de capital es fundamental para dinamizar el cambio técnico, el cual incrementa la PTF, y ésta el crecimiento. Esto resulta de considerar el conocimiento y la tecnología como un bien público, fácilmente transferible. Por lo tan-

to, incorporar nuevas tecnologías a través de la importación de bienes de capital es una vía eficaz para estimular el crecimiento y la competitividad de la economía.

Para la perspectiva evolutiva, debido al carácter específico de la tecnología y a los componentes tácitos e idiosincrásicos del conocimiento tecnológico (Nelson y Sampat, 2001), la incorporación de esas tecnologías por otras empresas resulta mucho más costosa y difícil; y la sola compra de bienes de capital es considerada insuficiente para garantizar la transferencia de la tecnología, su asimilación, adaptación y desarrollo. Esto requiere, en algunas versiones (Lall, 1992 y 1994), la acumulación previa de capacidades tecnológicas. En otras (Bell y Pavitt, 1993), los aprendizajes y la acumulación de capacidades tecnológicas pueden darse antes o después de la incorporación de las tecnologías. En consecuencia, aunque en los PED el cambio técnico dependa en buena medida de la tecnología importada, éste se debe complementar con esfuerzos para acumular capacidades tecnológicas locales que faciliten la combinación con la importada, la mejoren o permitan generar nuevas tecnologías, y así construir una posición más independiente en el largo plazo.

De todo lo anterior se desprende que tanto la acumulación de capital como de capacidades tecnológicas son fundamentales para el avance tecnológico. Los conocimientos previos son vitales para la búsqueda y selección de las tecnologías que se van a adquirir, así como para asimilar y dominar las tecnologías incorporadas en los bienes de capital importados (Pavitt, 1997). El desarrollo de capacidades para incorporar esas

tecnologías (expresadas en las prácticas de vigilancia, valoración, selección y negociación de las tecnologías) puede generar procesos de innovación incrementales de carácter adaptativo (Malaver, 2002; Malaver y Vargas, 2004b y 2004c). Por lo tanto, a diferencia de la pasividad tecnológica de los PED, resultante de la visión lineal, desde la cual los países desarrollados (PD) dan origen a nuevas tecnologías que los PED pueden aplicar sin esfuerzos, una incorporación tecnológica exitosa requiere construir capacidades tecnológicas propias.

En la misma dirección, Pérez (2001) plantea que: cualquier estrategia de desarrollo que se pretenda viable en América Latina debe otorgar un papel central a la tecnología; y que el mecanismo para lograrlo es el desarrollo de capacidades tecnológicas que les permita a las empresas identificar y aprovechar las ventanas de oportunidad (móviles), que abren las trayectorias de las tecnologías generadas en los PD. Pero adiciona que, para lograr esto, se requieren cambios institucionales eficaces (en las empresas, en el Estado y en sus relaciones).

Los procesos de industrialización reciente corroboran los últimos planteamientos; en particular, los de Corea y Taiwan que, entre los Tigres Asiáticos, son los países más comparables con Colombia. Estas experiencias plantean, además, lecciones que pueden ser referentes útiles sobre procesos de desarrollo tecnológico e industrial tardío, así como de políticas exitosas.⁴

⁴ Para ello, desde luego, se deben considerar las naturales diferencias económicas, sociales y culturales, como históricas, que dan lugar a un contexto competitivo distinto. Por lo tanto, a condiciones

Dos características de esos procesos son particularmente útiles: una, la concordancia entre los avances de las capacidades tecnológicas, los incentivos y los desarrollos institucionales, expuesta por Lall (2000). Otra, que el desarrollo industrial estuvo acompañado de claras etapas de avance tecnológico. De la caracterización de las etapas del desarrollo tecnológico efectuadas por Lee (2000) para el caso Coreano; por Hobday (1995 y 2000) para Taiwan, y por Kim y Nelson (2000) —en su intento de generalización— para el conjunto de los PED industrializados, se desprenden tres fases bien diferenciadas: (i) duplicativa; (ii) de imitación creativa, y (iii) generativa (Malaver y Vargas, 2005b). De este modo, el desarrollo relativo de las capacidades tecnológicas, expresado a través de las firmas, se puede caracterizar de la siguiente manera:

- En la etapa *duplicativa* se encuentran aquellas empresas en las cuales predominan sus capacidades productivas; se limitan a la copia de productos y procesos, y compiten con precios, por bajos costos, especialmente de mano de obra y materias primas.
- En la etapa de *imitación creativa* están las empresas que adaptan y/o mejoran los productos y procesos desarrollados por otros, y obtienen innovaciones de tipo incremental.

y exigencias distintas, no obstante lo anterior, el proceso y las etapas de desarrollo de las capacidades tecnológicas que acompañaron su reciente industrialización, así como las políticas que lo soportaron, son referentes útiles, tanto para nuestro país como para el conjunto de los PED, tal como lo sostienen Kim y Nelson (2000).

- En la etapa *generativa* se hallan las empresas que obtienen productos y procesos nuevos a partir de actividades de investigación y desarrollo (I+D), y que gracias a sus capacidades para innovar pueden aproximarse a las fronteras tecnológicas internacionales y generar ventajas competitivas.

De los planteamientos y experiencias señalados se desprenden claros retos de política para los PED: (i) lograr mayores niveles de acumulación de capital y de capacidades tecnológicas; (ii) lograr que las empresas salten de la etapa duplicativa a la de imitación creativa, y las que se encuentren en ésta a la generativa, y (iii) desarrollar instituciones e incentivos concordantes con los avances perseguidos en esas capacidades tecnológicas.

1.3 Los sistemas nacionales de innovación (SNI) y su desarrollo en América Latina

El surgimiento de los SNI está asociado a otra característica del desarrollo del conocimiento tecnológico: la innovación como resultado de un proceso interactivo. En efecto, en el ámbito empresarial se encontró que el proceso de innovación es interactivo y es dinamizado por la retroalimentación sucesiva de los diferentes actores que intervienen en éste (Kline y Rosenberg, 1986). En un nivel más agregado también se encontró que las innovaciones surgen de actividades orientadas a solucionar problemas prácticos, con la intervención tanto de los productores como de los usuarios de los productos o servicios nuevos o mejorados. De igual modo, así como en el ámbito de la firma los procesos de apren-

dizaje informal dan lugar a la acumulación de conocimientos, con altos componentes de carácter tácito e idiosincrásico, que determinan trayectorias tecnológicas particulares, en un nivel agregado “las innovaciones se conciben como un proceso social e interactivo, en un espacio social específico y sistémico” (Neffa, 2000, p. 315). De allí surgió la noción de SNI.⁵

Entre las caracterizaciones de los diversos SNI dos visiones sobresalen: la de Freeman (1987 y 1995), proveniente del estudio de las experiencias japonesa y alemana, que destaca la ingerencia en el desarrollo tecnológico de múltiples factores de carácter sistémico, cuyos rasgos centrales estaban determinados por las particularidades del contexto nacional; y la de Lundvall (1988 y 1993), elaborada a partir del papel fundamental de las relaciones usuario-productor en las innovaciones desarrolladas en Dinamarca.

Las dos vertientes subrayan que los procesos de innovación son de carácter interactivo, y que los factores que condicionan los procesos de aprendizaje e innovación son localizados y específicos a cada país (Lundvall, 1985).⁶ Por ello se advierte que “el contexto socioeconómico condiciona la dirección y la

⁵ Para Freeman (1995), el SNI es un sistema de instituciones públicas y privadas cuya actividad e interacciones generan, impulsan, difunden y modifican las nuevas tecnologías.

⁶ Estas características son más fuertes en el espacio regional, por la especificidad en la dotación de recursos, la vocación y la especialización productiva y, sobre todo, por la cercanía física de los actores, que facilita la interacción, los flujos de información; compartir experiencias, aprendizajes, transferencia de conocimientos tácitos, y la conformación de redes de innovación, aspectos

intensidad de los esfuerzos de investigación y más aún de la innovación” (Boyer, 2000, p. 10), y que esto debilita la unidireccionalidad del determinismo tecnológico (Pavitt, 1997). También acentúan la importancia de las interacciones e interdependencias para el sistema: el SNI se desarrollará más cuando las interacciones entre sus actores sean más intensas y coordinadas.

Para efectos del análisis y de la formulación de política, las diferencias señaladas por Arocena y Sutz (2002 y 2003) entre los PD y los PED en torno a los SNI son fundamentales. En los primeros, ésta es una noción *ex post*, surgida del estudio de experiencias previas; los procesos de innovación entretejen una densa red social; la política de apoyo a la innovación y a la interacción entre los actores goza de una legitimidad social que ha sido construida históricamente. En los PED, se trata de un concepto *ex ante*, empleado para analizar procesos virtuales; la red de relaciones está fragmentada y en muchas ocasiones es formal antes que real; el diseño de políticas se reduce a una copia de las instituciones y no generan acciones concretas que apoyen la innovación existente; además, reflejan la falsa oposición entre adaptar conocimiento externo y generar conocimiento propio.

que son esenciales para determinar la dinámica y las trayectorias tecnológicas, que surgen a partir de la acumulación de conocimientos comunes (Cooke, Uranga y Etxebarria, 1997). En el espacio regional, entonces, el impacto de los factores idiosincrásicos, centrales en la configuración de los sistemas de innovación, se observan con mayor nitidez. De ahí la importancia de los Sistemas Regionales de Innovación y la regionalización de las políticas de desarrollo tecnológico.

La observación de la experiencia reciente indica que, como se verá, esa situación no dista de lo que acontece en Colombia. Por lo tanto, si bien la noción de SNI es útil, como punto de partida y referente de contrastación, el desafío para la política es desarrollar las capacidades tecnológicas de los actores del SNI y sus interacciones; es convertir en realidad ese nombre.

1.4 Desarrollos científicos y tecnológicos: las nuevas exigencias

Desde la perspectiva asumida y para el logro de los objetivos específicos del artículo, resultan fundamentales los análisis de: (i) la articulación entre la producción científica y tecnológica,⁷ dentro del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT), y de éste con la sociedad, para contribuir a su desarrollo, y (ii) las capacidades de producción y divulgación científica, miradas desde los grupos de investigación y las revistas científicas.

En relación con el primer punto caben varias precisiones: (i) pese al creciente desarrollo de las actividades científicas en el sector empresarial, en las firmas el grueso de los gastos y los esfuerzos están asociados a su desarrollo tecnológico específico, y el grueso de las actividades científicas se efectúan en las universidades, que se concentran en la investigación básica y aplicada, esto es, actividades de aplicación general; (ii) las relaciones entre la CyT son bastante diferenciadas, según las tecnolo-

⁷ Las diferencias y relaciones entre las políticas científicas y las tecnológicas se pueden encontrar en Wad (1995).

gías y el sector, y (iii) el impacto de la actividad científica no sólo es relevante en términos del desarrollo de capacidades de investigación, sino en la formación de personas que laborarán en el sector productivo (Pavitt, 1997).

El giro y a la vez el mayor desafío en esta relación lo constituye el tránsito hacia el llamado *modo dos* de hacer ciencia, que revela una tendencia y una necesidad creciente de un mayor vínculo de la universidad y la investigación con la solución de problemas de la sociedad. En este modo, a diferencia del convencional, en la generación de conocimiento intervienen de manera activa los usuarios de los productos de la investigación (Gibbons *et al.*, 1994). Esto demanda un mayor vínculo de otros actores de la sociedad con la ciencia, pero también, en nuestro caso, una mayor capacidad por parte de los grupos de investigación para obtener productos tecnológicos y/o conocimientos que resuelvan problemas específicos concretos de su sociedad.

En cuanto al segundo punto, las capacidades de producción y divulgación científica, debe advertirse que, en general, las capacidades median y explican las relaciones entre los recursos (humanos, financieros, etc.) y los productos de las actividades científicas, tecnológicas o productivas; además, se despliegan en los procesos de generación y difusión de nuevos conocimientos y son claves para establecer las fortalezas o debilidades de una sociedad para producir, difundir y explotar productivamente el conocimiento. Y los grupos de investigación y las revistas científicas constituyen expresiones centrales de esas capacidades.

Los grupos, como sujeto de la investigación, constituyen el motor del avance del conocimiento y, además, expresan el grado de institucionalización de esta actividad (Bejarano, 1996). Éstos integran a investigadores (que constituyen el sujeto colectivo) que se reúnen alrededor de líneas o programas de investigación (un proyecto común) y que actúan en un espacio institucional (que les provee las infraestructuras, recursos financieros, apoyos administrativos y logísticos), para adelantar la investigación (Gómez y Jaramillo, 1997).

La actividad de los grupos potencia las capacidades individuales de sus integrantes y genera espacios de interacción interna y externa que facilita la constitución de redes articuladas mediante el diálogo sobre los saberes y los resultados de las investigaciones; esto facilita decantar los nuevos conocimientos producidos y su acumulación, así como su divulgación y socialización, lo que aumenta el impacto de los productos de la investigación.

Por capacidades científicas y tecnológicas de los grupos de investigación se entiende aquí a su habilidad para integrar sus recursos (humanos, financieros, etc.) para efectuar las actividades conducentes al logro de un objetivo específico, en este caso, la realización de un proyecto de investigación, la publicación de sus resultados (como libro, capítulo de libro, artículo en revista académica, etc.), o la obtención de un producto tecnológico (como una patente, un modelo de utilidad o un diseño industrial).

Las revistas académicas que publican los resultados de las investigaciones constituyen un componente central de las capacida-

des para *divulgar* el nuevo conocimiento generado. Éstas encarnan una capacidad en la medida en que para su existencia, desarrollo y consolidación se articulan varios recursos: un Editor, un Comité Editorial, un Comité Científico y Asistentes Editoriales; una institución que avala; investigadores autores y pares evaluadores; expertos en diseño, impresión, distribución y comercialización, y lectores especializados (Colciencias, 2003). La integración de esos recursos es imprescindible para la producción y sostenibilidad de una revista científica; por ello su existencia constituye un indicador de las capacidades para la divulgación del conocimiento generado.

De ese modo, las revistas son fundamentales para desarrollar la ciencia en la medida en que constituyen el principal medio para divulgar, validar y legitimar los nuevos conocimientos aceptados como tales (Villaveces, 2004). En consecuencia, las revistas no sólo constituyen mecanismos para dar visibilidad, sino para regular endógenamente la calidad de la producción intelectual a través de los pares, para tejer relaciones a través de la discusión alrededor de sus contenidos, para validar, acumular y potenciar el impacto de los conocimientos creados en la disciplina en que se inscribe; en síntesis, para desarrollar una comunidad académica responsable de los avances del conocimiento en la sociedad contemporánea.

2. Los desarrollos institucionales y de política en CTI en Colombia: 1990-2005

Tal como lo señala Villaveces (2003), a comienzos de los años noventa se inicia un período fundamental para el avance de la

CTI en Colombia, al desarrollar su marco legal e institucional. Al mismo tiempo se produce un desplazamiento en las políticas de CTI, de un énfasis extremo en el componente científico, hacia el de innovación, con la creación del SNI. En un nivel más específico, se desarrollan instrumentos para fortalecer: la financiación de la CTI y sus articulaciones; así como la producción y divulgación científica. Con el fin de facilitar el análisis de sus logros, enseguida se sintetizarán esas formulaciones de política.

2.1 Los desarrollos institucionales y de política

Los pilares de la oleada de reformas y desarrollos institucionales de los años noventa son la Ley 29 de 1990 y el Decreto 585 de 1991, que dan origen al SNCyT; luego, la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, denominada *Misión de los Sabios*, inculcó la preocupación por la articulación de la CyT a la cotidianidad, para fortalecer la apropiación y uso social de sus resultados; en 1995 se crea el SNI (Conpes 2789, 1995), como un sistema interactivo de aprendizaje e innovación, con las empresas como actor central de la actividad innovadora, y los centros de desarrollo tecnológico (CDT), como el principal mecanismo para articular las ofertas y demandas tecnológicas; finalmente, en el año 2005 se reforman los once programas de CTI, que se reducen a seis áreas,⁸ en un polémico proceso que está en curso.

⁸ Se crean cuatro áreas temáticas y dos transversales (Colciencias, 2005 b).

En el ámbito de las políticas, durante el primer quinquenio de la década se adelantó la política *Ciencia y Tecnología para una Sociedad Abierta*, que buscó integrar el sector privado al funcionamiento de la CyT, mediante su participación en los once consejos nacionales de Programa, encargados de formular las políticas para cada una de las once áreas; también buscó apoyar la formación de recursos humanos y fomentar la articulación a redes internacionales de CyT (Conpes 2739, 1994).

La política para el período 1994-1998, acoge la recomendación de la *Misión de los Sabios*, al proponer “integrar la CyT a los diversos sectores de la vida nacional, buscando incrementar la competitividad del sector productivo en el contexto de una política de internacionalización de la economía, y mejorar el bienestar y la calidad de vida de la población colombiana” (Conpes 2739, 1994, p. 4). Para ello se proponen estrategias vinculadas al desarrollo del SNI, como: apoyar redes de innovación por medio de los CDT; las incubadoras de empresas de base tecnológica (IEBT), los centros de productividad (CDP) y los parques tecnológicos. Para fortalecerlos se generan instrumentos financieros y de fomento a la innovación, como el capital semilla (para la creación de los CDT y las IEBT), los fondos de cofinanciación, los incentivos tributarios para la inversión en CyT y los fondos de capital de riesgo. En adición a lo anterior se propone aumentar la inversión pública y privada en CTI del 0,5% del producto interno bruto (PIB) en 1994 al 1% en 1998 (Conpes 2739, 1994).

Para respaldar la construcción de capacidades se acude a los recursos del programa BID

III,⁹ que financia gran parte de las actividades de CyT durante el período 1995–2003; a estos recursos se suman los generados por la Ley 344 de 1996, que ordena destinar para la CyT el 20% de los recursos del Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena).

Para el período 2000-2002, el Conpes 3080 de 2000 formula un marco de política centrado en la articulación y el fortalecimiento del SNCyT. Para ello propone ampliar y consolidar objetivos y estrategias anteriores¹⁰ e incorporar nuevos, como el apoyo a la agenda de conectividad—para aprovechar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), para el desarrollo del país—, la puesta en marcha del Fondo Nacional de Productividad y Competitividad, la especialización y articulación de fuentes de financiación de innovación. Finalmente, el Conpes 3280 de 2004 propone alternativas para mejorar la información, coordinación y complementariedad de las fuentes e instrumentos de apoyo a las empresas, el seguimiento y la evaluación de los resultados obtenidos.

2.2 Las políticas para fortalecer la financiación de la CTI

Además de los recursos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), los de la Ley 342 y los fondos de capital de riesgo, en la década de los noventa se diseñaron incentivos fisca-

⁹ Contrato de préstamo BIB 875/OC-CO, del 9 de agosto de 1995.

¹⁰ La articulación de la academia, el sector público y el privado; la regionalización de la CyT; la internacionalización; la consolidación de centros y grupos de investigación y de los CDT; la integración del Sena al SNI, los incentivos fiscales para la investigación e innovación; etc.

les y mecanismos de financiación de los proyectos de investigación e innovación. En el ámbito tributario, la Ley 6 de 1992 crea deducciones por donaciones a instituciones de investigación científica y tecnológica, así como por inversiones en CTI. La Ley 383 de 1997 refuerza esas deducciones fiscales y crea exenciones del impuesto al valor agregado (IVA) a las importaciones de equipos realizadas por instituciones de educación superior y centros de investigación. La Ley 633 de 2000 crea deducciones por inversiones en desarrollo científico y tecnológico y por importaciones de activos por parte de las instituciones de educación superior, los centros de investigación y los CDT. También se fortificaron otros mecanismos de apoyo a la innovación (créditos Bancoldex-Colciencias, contribuciones del Sena, capital semilla para apoyo a los CDT o capital de riesgo para empresas de base tecnológica canalizado por el Fondo Mercurius Ventures), la productividad (Fondo Nacional del Productividad para empresas exportadoras o potencialmente exportadoras) y la asociatividad (cofinanciación de proyectos asociativos Universidad-Empresa-CDT).

Más recientemente la Visión 2019 (PR-DNP, 2005) se propone incrementar los recursos para CTI al 1% del PIB en el año 2010 y al 1,5% al 2019. En la misma dirección, el Pencti propone un incremento similar para el 2020, pero colocando el énfasis en el aumento progresivo y en la sostenibilidad de los recursos disponibles para este fin.

2.3 Las políticas para fortalecer la producción y divulgación científica

Dentro del marco general de política señalado, desde comienzos de los años noventa

se definieron programas e instrumentos específicos orientados a desarrollar los recursos humanos para la CyT, las capacidades de investigación colectiva y la divulgación de sus resultados.

Entre los programas dirigidos a la formación de los recursos humanos para la CyT se destacan: el de apoyo a las maestrías y doctorados; los de becarios y créditos condonables de Colciencias (que se suman a los de Colfuturo, Fulbright, Icetex y Banco de la República), y la creación del programa de Jóvenes Investigadores y del programa Ondas dirigido a estudiantes de educación básica. Entre los estímulos a los investigadores sobresalen: su reconocimiento como investigadores y miembros de una comunidad académica específica a través del Servicio de Información de Evaluadores Pares Reconocidos del SNCyT; su visibilidad pública nacional e internacional mediante la inclusión de su hoja de vida en el CvLAC de la Red Scienti, y el programa de Movilidad Internacional, para apoyar su participación en eventos internacionales y su vinculación a redes de investigación.

En lo referente a las capacidades de investigación y de divulgación, la indagación por las orientaciones y acciones de política se concentra en los grupos de investigación y en las revistas por considerar que constituyen dos capacidades centrales.

En el caso de los *grupos y centros de investigación*, se instrumentaron lineamientos generales de política mediante: (i) el apoyo financiero del Programa BID III; (ii) las convocatorias de Colciencias de 1998, 2000, 2002 y 2004; (iii) los estímulos específicos gene-

rados por ellas, como ocurrió con los ‘premios’ financieros para los grupos de investigación con mejor desempeño en cada área en la convocatoria de 1998, y el reconocimiento de la trayectoria y producción de los grupos de investigación mediante su diferenciación en tres categorías: A, B y C, que se hizo en la convocatoria de 2000 y 2004; (iv) la financiación durante cinco años de las agendas de investigación a centros de investigación de excelencia, conformados por redes de grupos de investigación; (v) las convocatorias de Colciencias para la financiación de proyectos de investigación, que califican la trayectoria y capacidad del grupo de investigación y, más recientemente, las convocatorias que exigen la participación de grupos de Categoría A, y (vi) la visibilidad de los grupos de investigación, así como de sus logros y agendas, a través del GrupLAC de la Red Scienti. Estos apoyos han inducido a varias de las principales universidades a realizar convocatorias internas que exigen que los proyectos sean presentados por grupos de investigación para financiarlos; algunas han llegado incluso a conceder estímulos financieros a los grupos con mejor desempeño.

Este proceso se vio reforzado por la confluencia de políticas de regulación del sistema educativo con ingerencia directa en el *fortalecimiento de las revistas*. En esta dirección se destacan:

- i) La Ley 30 de 1992, en la cual se le dio a Colciencias la responsabilidad de establecer el Índice Nacional de Publicaciones Seriadadas Científicas y Tecnológicas.¹¹

¹¹ Esto surgió ante el crecimiento de revistas registradas en el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES) y la necesidad

Colciencias asumió la tarea de inventariar las revistas por áreas del conocimiento, diseñó el Publindex y estableció las condiciones mínimas para el ingreso a éste. Esto originó un proceso de cinco convocatorias (1996, 1998, 2001, 2002 y 2003) para la indexación de las revistas científicas seriadadas, hasta convertirse en el año 2004 en un proceso de indexación permanente.

- ii) El Decreto 916 de 2001 que, para la aprobación de los programas de maestría, exige a las universidades contar con grupos de investigación y docentes investigadores de tiempo completo, con proyectos de investigación en curso y publicaciones en el campo de la maestría.
- iii) El Decreto 2912 de 2001, que estimula la publicación en revistas nacionales indexadas en el Publindex o en revistas internacionales homologadas, las cuales, de acuerdo con su categoría de indexación, dan lugar a puntajes diferenciados para efectos de la remuneración y el ascenso de los profesores de universidades públicas.
- iv) El Decreto 1279 de 2002, que da preeminencia a la categoría de las revistas para la asignación del puntaje de los artículos publicados con fines de remuneración y ascenso. Estas dos últimas medidas han sido acogidas por las universidades privadas con mayor desarrollo académico.

de evaluar la producción de los profesores de universidades públicas, para efectos salariales, lo cual requirió calificar de manera objetiva la calidad de los medios en que publicaban.

2.4 Las políticas para fortalecer las relaciones en torno a la CTI

Los CDT constituyen uno de los principales instrumentos diseñados para vincular la oferta y demanda de CyT, al concebirse como ‘centros virtuales’ o ‘centros red’. Debido a esto, el análisis de los desarrollos institucionales para fortalecer los vínculos entre las actividades científicas, tecnológicas y productivas se concentrará en ellos.¹² Éstos existían con anterioridad a 1990, como centros tecnológicos de origen privado, con fuertes infraestructuras y vinculados al sector agropecuario (Garrido, 2003);¹³ sin embargo, su mayor desarrollo ocurre durante los años noventa gracias al surgimiento del SNI y al proyecto de Apoyo a los Centros Tecnológicos, que desde 1995 impulsó las acciones para su fomento (Colciencias, 2004). En su primera etapa, el proyecto impulsó la creación de los CDT con capital semilla. Luego, a fines de la década se busca su consolidación, primero mediante la creación de redes específicas alrededor de cada uno; después, conformando redes especializadas, y, actualmente, fortaleciendo *clusters* y redes acordes con las especializaciones productivas regionales.

¹² Esto no significa que se desconozcan los esfuerzos y logros generados por instrumentos como las agendas regionales de innovación. Los objetivos, los recursos y las limitaciones de este trabajo imposibilitan su análisis.

¹³ Estos son los denominados Cenis: Cenicafé, Cenicaña, Ceniaqua, Cenipalma, etc. Una particularidad importante es que muchos de ellos actuaban como centros de investigación, y durante los años noventa persistió esta función, combinada en no pocos casos, con su actuación como CDT.

Otro instrumento útil para articular el SNCyT son las IEBT. Su aparición está ligada a la política para promoverlas, iniciada en los años noventa. El interés por la creación de incubadoras se acrecentó justo en el momento en que el énfasis por la creación de los CDT se desplazó hacia su consolidación, en el marco del Programa Nacional de Apoyo y Fortalecimiento de las IEBT, creado en 1999. Adicionalmente, el Sena creó el Sistema Nacional de Creación e Incubación de Empresas en el marco de su Plan Estratégico 2002-2006 (Cruz y Matiz, 2004).

3. Desarrollo tecnológico, innovación y política en Colombia¹⁴

En esta sección se indaga por los esfuerzos y los avances tecnológicos alcanzados, a fin de vincularlos con la situación de la economía del país y con las orientaciones de política. Para ello se efectúa una rápida comparación con la situación internacional y luego un análisis más detenido de lo ocurrido en Colombia en el período estudiado.

3.1 Desarrollo, competitividad e innovación en la experiencia internacional

La importancia concedida a la CTI, en el ámbito empírico, la sitúan como uno de los pilares del desarrollo tanto en el mundo (PNUD, 2001) como en América Latina (BID, 2001; Pérez, 2001). En el plano económico, el Foro Económico Mundial (WEF, por su sigla en inglés) la considera la fuente

¹⁴ Esta parte del texto está basada en Malaver y Vargas (2005a) y Malaver, Vargas y Sierra (2005).

principal del crecimiento y de la competitividad en las economías más desarrolladas. Esta entidad clasifica a los países según su competitividad en dos grupos: (i) los *innovadores core*, cuyo crecimiento está jalonado por su capacidad para innovar, expresada en que tienen más de quince patentes por millón de habitantes; y (ii) los *innovadores non-core*, que dependen de su capacidad para adaptar la tecnología extranjera, medida con un índice de transferencia de tecnología. Los países latinoamericanos, y Colombia en particular, se hallan en la segunda categoría (WEF, 2004).

Los indicadores señalan, igualmente, que los países con mayor nivel de desarrollo invierten más en I+D. Por ejemplo, Suecia, Finlandia y Estados Unidos invirtieron en el año 2001 el 4,27%, 3,40% y 2,82% de su PIB, respectivamente. De igual modo, los países más competitivos de los PED, como Corea y Taiwan, realizan los mayores esfuerzos

de inversión en estas actividades, con el 2,96% y el 2,4% del PIB en el año 2001 (OECD, 2005).

En Latinoamérica se realizan esfuerzos tecnológicos sustancialmente menores a los de Estados Unidos y Canadá. Estados Unidos, según las cifras de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICyT, 2001), invierte en I+D el 2,66% de su PIB frente al 0,48% de América Latina; por ello, mientras su PIB es cinco veces mayor que el latinoamericano, su inversión en I+D supera en 28 veces la efectuada por estos países (Cuadro 1). Canadá, cuya población es superada en 16 veces por la de América Latina, y su PIB en dos veces, realiza una inversión en I+D que es 1,5 veces la latinoamericana. De allí que el rezago tecnológico de estos países tienda a acrecentarse. Y Colombia, entre tanto, con un precario 0,24%, invierte apenas la mitad del promedio latinoamericano.¹⁵

Cuadro 1
Los esfuerzos tecnológicos relativos de Latinoamérica y Colombia
Una visión comparada, año 2000

Países	Inversión en I+D/PIB	Colombia frente a cada país	
		PIB	I+D
Estados Unidos	2,66	116,9	1303,6
Canadá	1,57	10,5	69,1
América Latina y el Caribe	0,48	22,6	45,8
Brasil	0,78	7,0	22,8
Colombia	0,24	1,0	1,0

Fuente: elaboración propia a partir de la RICyT (2001).

¹⁵ Debe advertirse que los resultados preliminares arrojados por la Segunda Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT II) indican un aumento importante de los recursos invertidos

por las empresas en innovación, en los años 2003 y 2004; sin embargo, estos datos se están sometiendo a revisión, por ello, no se muestran aquí (DNP-Colciencias-DANE, 2005).

Los hechos, a través de la ‘paradoja europea’, confirman que los esfuerzos por desarrollar las capacidades científicas y tecnológicas deben acompañarse con esfuerzos específicos para elevar su contribución a la innovación y la competitividad. A finales de los años ochenta, los avances científicos europeos eran similares a los de Estados Unidos y superiores a los de Japón, pero sus logros en innovación eran bastantes inferiores, y ello incidía en su creciente rezago competitivo frente a esos países. Esto provocó durante los años noventa una cruzada para mejorar la innovación y la competitividad, que aún no termina, pues la Unión Europea se fijó como meta una inversión en I+D equivalente al 3% del PIB en el año 2010 (COM, 2004).

3.2 Crecimiento, competitividad e innovación Colombia

En esta parte se ausculta en un plano general la contribución del cambio técnico al crecimiento y la competitividad de la

economía del país; luego se establecen los esfuerzos por elevar la financiación de las actividades de I+D, y, por último, se indaga por los avances en los niveles de capacidades tecnológicas y de innovaciones obtenidas. De este modo, se pueden avizorar, de manera general, los logros de la política en el desarrollo tecnológico. Desafortunadamente, los resultados no son alentadores.

3.2.1 Crecimiento, productividad y competitividad

Los esfuerzos de las reformas de comienzos de los años noventa por mejorar la eficiencia y la competitividad a través de la apertura, y por hacer de las exportaciones la principal fuente de expansión del país, no lograron revertir la tendencia decreciente en las tasas de crecimiento de largo plazo. El declive iniciado a fines de los años setenta se acentuó en la década de los noventa, y la reciente reactivación no encarna todavía una recuperación vigorosa (Cuadro 2).

Cuadro 2
Crecimiento de la economía colombiana
(Promedios anuales por períodos)

Sector	Décadas de los:		
	Setenta	Ochenta	Noventa
Agropecuario	4,48	2,94	1,72
Construcción	6,62	3,68	-0,91
Financiero	5,40	4,14	3,91
Industria	6,00	2,83	1,47
Gobierno	6,21	5,16	5,67
Total (1)	5,50	3,48	2,74

(1) Incluye todos los sectores económicos que componen el PIB.

Fuente: tomado de PR-NP (2005, Cuadro 1.40).

El descenso en la dinámica de la economía nacional está asociado con un deterioro de su competitividad, del cual no se ha recuperado (Cuadro 3). Durante los años noventa descendió la apertura exportadora (AEX) y se elevó la penetración de importaciones (PIM), especialmente en su sector industrial. Esto produjo un significativo déficit comercial con el mundo. De esta

forma, al final de la década la economía colombiana estaba más abierta que al comenzar ésta, pero en medio de un acentuado deterioro de su competitividad. Esto lo confirma la caída en el escalafón de competitividad de la WEF entre 1994 y 2004 (WEF, 2004). Y, como se dijo, la mejora registrada en el presente decenio está pendiente de consolidación.

Cuadro 3
Comportamiento del sector externo de la economía nacional
(Millones de dólares y porcentajes)

Años	AEX	PIM	BC	BCR
1990-1994	12,4	11,6	138,2	0,04
1995-1999	11,5	13,0	-1798,4	-0,07
2000-2002	15,2	14,3	857,3	0,03

AEX: apertura exportadora; PIM: penetración de importaciones; BC: balanza comercial; BCR: balanza comercial relativa.

Fuente: Banco de la República y DANE.

En la caída del crecimiento y la competitividad ha incidido el descenso progresivo de la PTF, que depende en alto grado de cambios institucionales, la dinámica del cambio técnico y, sobre todo, de la innovación. El Cuadro 4 ilustra que, en efecto, la contribución de la PTF ha sido bastante inferior a la del capital y el trabajo (los fac-

tores de producción), y decreciente; además, su caída fue tan abrupta en el período estudiado que se tornó negativa entre 1991 y 2004. Esto desvirtuó las expectativas de los formuladores de la política económica, quienes apostaban a incrementos sustanciales en la eficiencia inducidos por la apertura.

Cuadro 4
Fuentes del crecimiento económico colombiano
(Crecimientos promedio anuales, por períodos)

Períodos	Factores de producción			PTF	Aumento del PIB (%)
	Capital (K)	Trabajo (L)	(K+L)		
Prom. 1970-1980	2,12	2,13	4,25	1,39	5,63
Prom. 1981-1990	1,71	1,45	3,17	0,25	3,42
Prom. 1991-2004	1,80	1,28	3,08	-0,32	2,76

Fuente: tomado de PR-NP (2005, Cuadro 1.39).

De esta forma, la evidencias sugieren que el cambio técnico estuvo lejos de cumplir de manera significativa con el objetivo de política: contribuir a “incrementar la competitividad del sector productivo en el contexto de una política de internacionalización de la economía” (Conpes 2739, p. 4); y, más lejos aún, del papel que está llamado a cumplir, de acuerdo con los postulados teóricos y las experiencias exitosas de los PED.

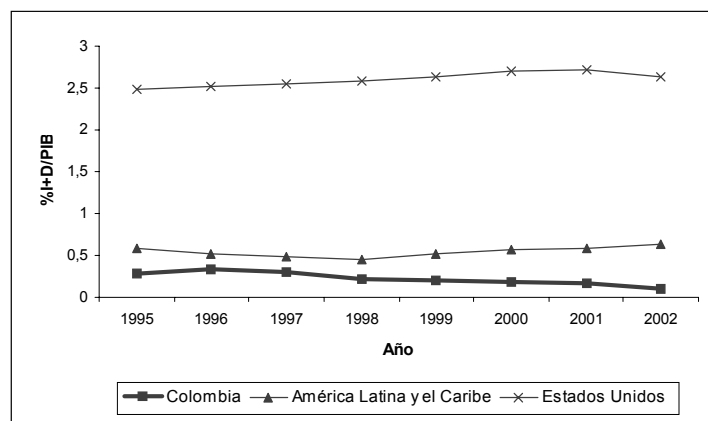
3.2.2 Esfuerzos tecnológicos e innovación

Un objetivo explícito de política durante los años noventa fue fortalecer los esfuerzos para dinamizar el desarrollo científico y tecnológico del país, mediante el incremento de los recursos públicos y privados dedicados a la CTI. Frente a este propósito, los indicadores señalan pobres resultados.

Los esfuerzos relativos del país para desarrollar su aparato científico y tecnológico son bastante débiles; incluso, con respecto a Latinoamérica, como lo indican los exiguos niveles de inversión en actividades de I+D señalados. Esa debilidad es más significativa ante la heterogeneidad de las economías de la Región (Albornoz, 2001). Por ello, en las condiciones actuales, cabe esperar un rezago mucho mayor en la CTI.

El fracaso en alcanzar la meta de una inversión del 1% del PIB en CTI fue ostensible tanto en las fuentes públicas como privadas (Gráfico 1). La financiación pública, lejos de aumentar, disminuyó durante la segunda parte de la década (Medina, 2005). En el año 2000 el gasto público alcanzó el 0,16% del PIB, esto es, un porcentaje igual al de 1980 e inferior al 0,17% de 1990 (PR-Mincomex-DNP, 2000), y apenas se elevó al 0,18% en el año 2003. La inversión privada se mantuvo por debajo del 0,2% del PIB (Jaramillo y Chaparro, 2004).

Gráfico 1
Gastos comparados de Colombia en I+D con relación al PIB



Fuente: RICyT (2003)

Las fuentes de financiación desnudan aún más la debilidad de los esfuerzos realizados en CTI. Mientras en Estados Unidos y Japón más del 70% de la inversión en I+D proviene de las empresas, en América Latina difícilmente alcanza el 30% (RICyT, 2003).¹⁶ En este sentido debe advertirse que: (i) según Griliches (1986), si bien la inversión del Estado en I+D tiene un efecto positivo en la dinámica de la PTF, es mucho mayor el de la realizada por las empresas; (ii) la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI, 2002), al evaluar los esfuerzos de los países en I+D, privilegia los de las empresas, debido a su vínculo directo con la innovación y la competitividad.

3.2.3 Capacidades tecnológicas e innovación en Colombia

Los indicadores sobre el desarrollo de las capacidades tecnológicas y las innovaciones obtenidas también son débiles, como se muestra enseguida. Las patentes, como indicadores del desarrollo tecnológico, muestran que entre 2000 y 2002 el país tuvo apenas 0,4 por cada millón de habitantes, frente a quince, que es el umbral mínimo para ingresar a los países innovadores core, según el WEF (WEF, 2004). El Cuadro 5 muestra que mientras en Estados Unidos y América Latina el número de patentes otorgadas a residentes crece, en Colombia descienden significativamente en el período.

Cuadro 5
Evolución de las patentes otorgadas a residentes del país
Número promedio por subperíodos

Países	93-95	96-99	00-02
Colombia	78,3	45,3	15,3
América Latina	2.536,0	2.716,0	3.946,7
Estados Unidos	55.012,0	71.752,0	86.338,5

Fuente: tomado de Malaver y Vargas (2005a).

Si en lugar de patentes se aplica un criterio más laxo para identificar las empresas con capacidades generativas, como el de empresas innovadoras en sentido estricto (EIE), utilizado en la primera Encuesta de Desarrollo Tecnológico (EDT1), para aquellas que han adelantado proyectos de I+D y han obtenido innovaciones para el mercado in-

ternacional, el porcentaje de empresas es 8,7% (Durán *et al.*, 1998). A juzgar por los datos preliminares de la EDIT II, la situación no ha mejorado una década después (PR-DNP, 2005, p. 148).

De acuerdo con la EDT1, es mucho mayor el número de empresas que no son innovadoras (ENI), el cual supera el 20% del total en el sector industrial. En Bogotá, Cundinamarca y Boyacá, el mayor centro empresarial y manufacturero del país, el 38,5% de las empresas no realizaba actividades innovadoras o sólo habían logrado desarrollos para sí mismas

¹⁶ Cálculos del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT, 2004) señalan que en el conjunto de los gastos en CTI realizados en el país la participación promedio de las empresas es apenas del 5,6% en el período 1998-2003.

(Durán *et al.*, 2000). En la reciente encuesta adelantada por la Cámara de Comercio de Bogotá y el OCyT para Bogotá y Cundinamarca, en el año 2004, el porcentaje de empresas en la etapa duplicativa subió al 51,1% y el de las EIE al 9,1% (Malaver y Vargas, 2005b). Además, no se identificaron empresas con innovaciones patentadas.

Esas cifras corroboran que la mayor parte de las empresas o no realizan innovaciones, o éstas son de carácter incremental y/o adaptativo y de alcance nacional, tal como lo señalan diversos estudios en el país (Vargas, Malaver y Zerda, 2003; Malaver, 2002; Durán *et al.*, 1998). Esos estudios, que también han explorado el grado de desarrollo de las capacidades tecnológicas asociadas con las innovaciones logradas, coinciden en que éstas son fruto de procesos informales, episódicos y asistemáticos, que se originan en la atención de demandas de los clientes, el aprovechamiento de oportunidades de mercado, las adaptaciones inducidas por compras de maquinaria y equipo, antes que por iniciativas y procesos formales de I+D. Las innovaciones tampoco tienen un carácter estratégico.

Los estudios que han indagado por las capacidades para incorporar las tecnologías, dado que el grueso del cambio técnico en Colombia es exógeno (Malaver, 2002; Vargas, Malaver y Zerda, 2003), señalan que éstas son débiles debido al escaso desarrollo de la vigilancia tecnológica y de las capacidades de negociación —para dar lugar a procesos de transferencia tecnológica que faciliten el dominio, el aprendizaje y el uso creativo de las tecnologías incorporadas—.

Esas capacidades tecnológicas, así como las innovaciones, han sido funcionales para las

empresas: les ha permitido competir con relativo éxito en el mercado interno; pero han limitado su capacidad para generar ventajas competitivas a partir de las ventajas comparativas del país, y para aumentar el valor agregado de los productos exportados, pese a que las exportaciones no tradicionales, y específicamente las de bienes industriales, han venido ganando participación dentro del total (PR-DNP, 2005).

Las capacidades tecnológicas que existen son insuficientes para desenvolverse con solvencia en los mercados internacionales, o en los escenarios abiertos por los acuerdos comerciales en desarrollo —ALCA, TLC, Mercado Común del Sur (Mercosur), etc.—, que exigen innovaciones que reclaman altas capacidades de desarrollo tecnológico endógeno (Malaver y Vargas, 2004b y 2004c). De este modo, frente a los retos competitivos que se avecinan, es alto el riesgo de que esas capacidades tecnológicas sean restricciones difíciles para desarrollar ventajas competitivas sostenibles a partir de la tecnología y la innovación.

4. Desarrollos de las capacidades de producción y divulgación científica en Colombia¹⁷

En esta parte se analiza la evolución de las capacidades de producción y divulgación científica, a partir de indicadores aplicados a los grupos de investigación y las revistas académicas. Los indicadores muestran avances significativos y que éstos es-

¹⁷ Esta parte del texto está basada en Malaver y Vargas (2005a) y Malaver, Vargas y Sierra (2005).

tán asociados a las políticas específicas de fortalecimiento de los grupos y las revistas.

4.1 El fortalecimiento de las capacidades de producción científica y sus resultados

El fortalecimiento de las capacidades de investigación representadas en los grupos de investigación fue apoyado por los programas de formación de recursos humanos para la CyT. Entre sus logros se destaca el aumento del apoyo anual a: (i) becarios de Colfuturo, que de 36 en 1995 creció hasta 149 en el año 2003; (ii) jóvenes investigadores, que de 119 en 1995 aumentó a 216 en el año 2003, para un total de 1.130 apoyados durante este período, y (iii) programas de doctorado, que de 10 en 1995 aumentó a 44 en el año 2002, hecho que dio lugar al aumento anual de estudiantes graduados, que de 2 en 1995 pasaron a 44 en 2002 (OCyT, 2004).

El Cuadro 6 ilustra un crecimiento en el número de investigadores que está relacionado con los efectos de la política, pero que debe matizarse. En efecto, en la convocatoria de 1998 el número de investigadores perteneciente a grupos de investigación era bastante inferior al total nacional registrado en las estadísticas de la RICyT. Luego hay un crecimiento vertiginoso asociado con las políticas señaladas en 2.3 y, en particular, al diligenciamiento del CvLAC por parte de los investigadores inscritos en los nuevos grupos de investigación. Esto eleva el número de investigadores registrados en Scienti, por encima del señalado por la RICyT.

Cuadro 6
Número de investigadores
1998-2004 (1)
Total nacional

Año	Nº
1998	2.148
2000	5.429
2002	12.694
2004	14.701

(1) Para 2004 la información es de CvLAC.
Fuente: GrupLAC (nov. 2004) y CvLAC (2004).

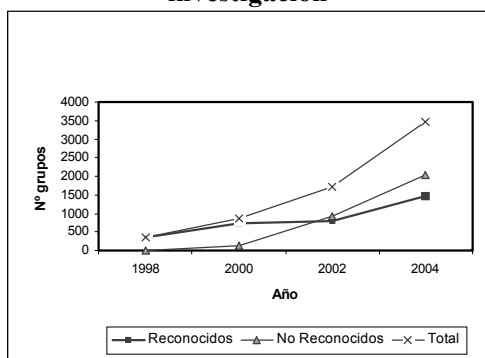
Ahora bien, diversos indicadores de las capacidades de los grupos muestran significativos desarrollos desde mediados de los años noventa, que están asociados a las políticas y estímulos para su fortalecimiento. Para empezar, la Convocatoria de Centros y Grupos de Investigación de Colciencias de 1998 muestra una rápida respuesta de los grupos de mayor trayectoria y desarrollo, vinculados básicamente a las universidades públicas (OCyT, 2004). El Gráfico 2 indica que la respuesta de los grupos no reconocidos fue mucho más tardía, pero más acentuada, como quiera que éstos provocaron que el 75% de los 3.466 grupos registrados en la convocatoria de 2004 hayan aparecido con posterioridad al año 2000. El gráfico muestra mayor lentitud en el aumento de los grupos reconocidos aunque, al final del período, éste se aceleró. Esto sugiere un aumento en la curva de aprendizaje, y pone en evidencia las potencialidades del proceso pero, también, el reto para la política de apoyar el desarrollo y consolidación de estos grupos.

El principal indicador de los productos directos de las actividades de los grupos de investigación, los proyectos finalizados, muestra un incremento sustancial desde mediados

de los años noventa (Gráfico 3). Esto está asociado con el aumento de sus capacidades de investigación que a la vez impulsaron las

de divulgación, expresadas en mejoras cuantitativas y cualitativas de los productos académicos derivados de los proyectos.

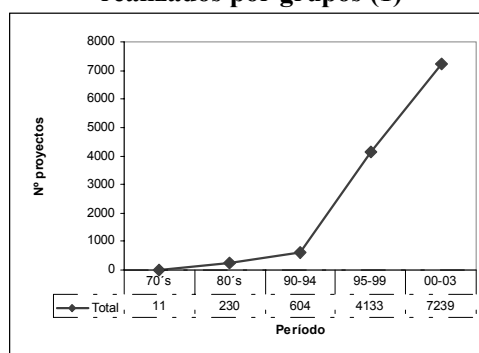
Gráfico 2
Evolución de los grupos de investigación



Fuente: GrupLAC (nov. 2004).

El fortalecimiento de los grupos es reflejado por el significativo aumento de los artículos publicados en revistas nacionales e internacionales indexadas (gráficos 4 y 5). El creciente aumento de los artículos publicados en revistas internacionales es un indicador fehaciente del desarrollo de las capacidades de los grupos, como quiera que las revistas científicas constituyen mecanismos rigurosos de regulación de la calidad de la producción científica. Esto es más cierto para los que publican en revistas del Science Citation Index (SCI). Aún más, si bien el número de artículos colombianos publicados en revistas admitidas en este índice es bastante inferior al promedio latinoamericano con relación a cada 1.000 habitantes y al PIB, la mejoría en la evolución del número de estos artículos por cada 100 investigadores permitió superar la brecha con esos países (RICyT, 2003). El

Gráfico 3
Número de proyectos finalizados realizados por grupos (1)



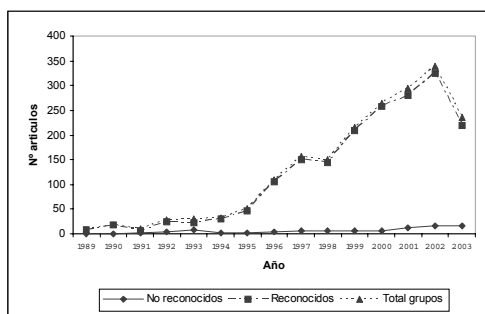
(1) No se conoce el año de finalización de 9.717 proyectos.

Fuente: GrupLAC (nov. 2004).

Gráfico 4 muestra que los grupos reconocidos realizan la mayor parte de las publicaciones en estas revistas, lo cual señala una profunda heterogeneidad en cuanto a los grados de desarrollo de los grupos.

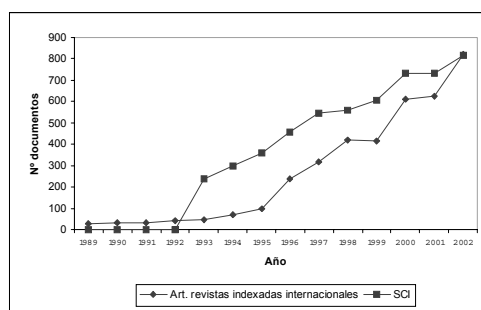
En la cantidad de los libros y capítulos de libro publicados también se registra un aumento sustancial desde 1995 que, como en los casos anteriores, está claramente vinculado a las acciones de fortalecimiento de los grupos (gráficos 6 y 7). Los grupos reconocidos, nuevamente, son los que publican la mayor cantidad de ellos. Además, existe un leve aumento en los libros publicados en el ámbito internacional, pese a las dificultades para establecer vínculos y conseguir apoyos externos; en los capítulos en libro esta tendencia es mucho más acentuada, en parte, debido a que los coautores externos facilitan el acceso a las editoriales internacionales.

Gráfico 4
Evolución de los artículos colombianos publicados en revistas nacionales indexadas



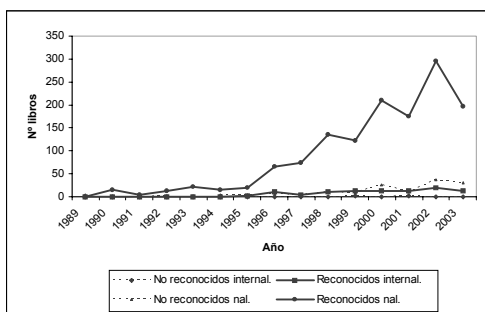
Fuente: GrupLAC (nov. 2004).

Gráfico 5
Evolución de los artículos colombianos publicados en revistas internacionales indexadas



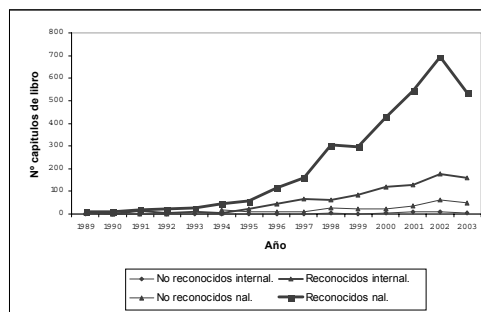
Fuente: GrupLAC (nov. 2004) y RICyT (2003).

Gráfico 6
Evolución libros nacionales e internacionales



Fuente: GrupLAC (nov. 2004).

Gráfico 7
Evolución capítulos de libros nacionales e internacionales



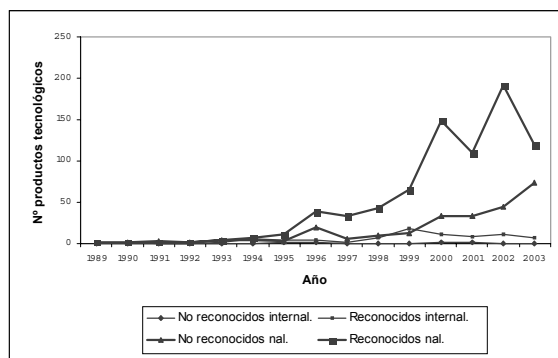
Fuente: GrupLAC (nov. 2004).

En abierta correspondencia con los resultados mostrados arriba, los productos tecnológicos (patentes, modelos de utilidad, diseños industriales) obtenidos por los grupos de investigación también se incrementaron desde 1995 (Gráfico 8). Esta situación es reforzada por indicios sobre un mayor vínculo entre grupos de investigación del área de ciencias básicas con otros de áreas aplicadas para la ejecución de proyectos —ciencias básicas y salud, salud y biotec-

nología, medio ambiente y agropecuarias, etc.— (Colciencias, 2005c).

Sin embargo, esos resultados deben mirarse con cuidado, pues análisis más detallados, como los realizados por Jaramillo y Chaparro (2004), el OCyT (2004) o Colciencias (2005c), indican que el nivel de articulación del sistema científico nacional con el sector productivo, medido a partir de los productos tecnológicos obtenidos, es todavía muy bajo.

Gráfico 8
Evolución productos tecnológicos nacionales e internacionales



Fuente: GrupLAC (nov. 2004).

4.2 El fortalecimiento de las revistas académicas y sus desafíos

En concordancia con las políticas señaladas en la sección 2.3, desde la primera convocatoria de Colciencias para las publicaciones científicas seriadas en 1996, se establecieron las condiciones mínimas para su categorización, en cuanto a la calidad científica y editorial, su estabilidad y visibilidad. En el año 2001 se utiliza el programa Publindex que permite, por un lado, hacer mediciones bibliométricas e identificar las condiciones que cumple cada revista para acceder a las categorías A, B o C, que se establecen a partir de este año; y, por otro, comparar las revistas con los parámetros internacionales. Desde la convocatoria del año 2002, la certificación del cumplimiento de criterios internacionales de calidad, revelados por el acceso a bases bibliográficas con comités de selección o Servicios de Indexación y Resumen (SIR), constituye una condición sine qua non para clasificar las revistas en categoría A o B; adicionalmente, la pertenencia a uno o dos índices bibliográficos de citas —como

el SCI y el Social Sciences Citación Index (SSCI)— permite diferenciar las revistas A1 y A2, creadas en esta convocatoria (Colciencias-OCyT, 2005).

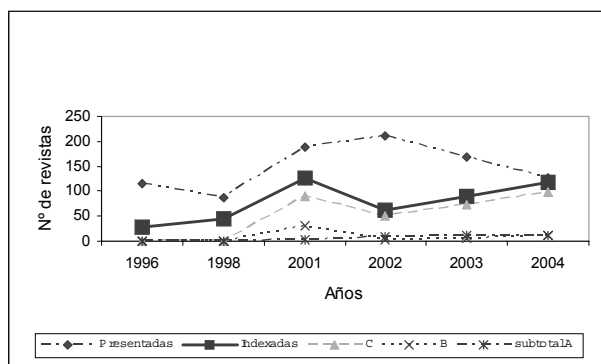
La respuesta de las revistas a las convocatorias muestra una alta sensibilidad a las decisiones de política. En un primer momento, que se extiende hasta el año 2002, el número de revistas que se presenta a las convocatorias crece de manera paulatina y, lo que es más importante, la calidad de las revistas, medida por la cantidad que es indexada, también mejora de manera significativa (Cuadro 7 y Gráfico 9). Este proceso es interrumpido por un cambio intempestivo en las exigencias para la indexación. Esto se refleja en la sustancial disminución de las revistas indexadas en todas las categorías. El efecto de este cambio es doble: por un lado, muchas revistas desalentadas por las nuevas y crecientes exigencias dejan de presentarse; por otro, las que persisten muestran un aumento progresivo en su calidad en todas las categorías, especialmente las C, que representan el 77,2% del total.

Cuadro 7
Evolución de las revistas científicas colombianas

Categorías	1996	1998	2001	2002	2003	2004
Presentadas	115	86	187	212	169	127
Indexadas	29	45	126	62	90	119
C	0	0	90	50	73	98
B	0	0	32	3	7	11
A2	-	-	-	8	9	9
A1	-	-	-	1	1	1
Subtotal A	0	0	4	9	10	10

Fuente: Colciencias.

Gráfico 9
Evolución revistas indexadas-Colciencias 1996-2004



Fuente: Colciencias.

Los procesos de aprendizaje se traducen en incrementos de calidad que son reconocidos en el Publindex y en el ámbito internacional, como lo ilustra el aumento de las revistas que, por ser admitidas en bases e índices como Scielo, Psycinfo, Econlit, IBSS, Sociological Abstracts, etc., ascienden a las categorías A y B del Publindex. Ese aumento en la calidad de las revistas científicas, asociado con las políticas orientadas a estimularlas es nítido, de acuerdo con lo anterior. Esto tiene un alto impacto en el desarrollo de la investigación, pues el

contar con mejores revistas permite valorar y premiar de manera diferenciada los esfuerzos y logros tanto de los investigadores como de los grupos de investigación. De hecho, el incremento de medios de divulgación, que en el país les permiten obtener altos puntajes para efectos de la calificación del grupo como de la remuneración del investigador, es un factor que retroalimenta positivamente el desarrollo de la investigación.

Sin embargo, el proceso de consolidación de las revistas presenta grandes desafíos,

que deben enfrentarse con éxito para evitar que restrinja el desarrollo de las comunidades académicas y los grupos de investigación. Contar con apenas 119 revistas indexadas ya es un cuello de botella para los 14.701 investigadores y los 3.466 grupos de investigación —registrados en el CvLAC y el GrupLAC—, que aspiran a mejorar su categoría. Peor es la situación si se considera que de las 285 revistas registradas en el Publindex, cada vez se tiendan a presentar menos. Esto se debe en muchos casos a la pequeñez, el escaso desarrollo y la lentitud (natural) con que evolucionan las comunidades académicas que nutren las revistas, que las perjudica. Esto se tiende a convertir, además, en un círculo vicioso.

Mucho más complicado es el reto de lograr un reconocimiento internacional de la producción académica de los grupos e investigadores que posibilite el ingreso de las revistas nacionales a índices bibliográficos de citas, como el SCI y el SSCI, con el fin de aumentar su impacto. Una prueba contundente de ello: en 1996 apenas una revista colombiana, la *Revista Latinoamericana de Psicología*, había sido admitida en el SSCI (Nieto, 2001), y en el año 2004 la situación no había cambiado.

4.3 Los avances en la producción y divulgación científica: algunas implicaciones

Los avances en los grupos de investigación y revistas científicas ocurrieron en un contexto de severas restricciones financieras. Esto sugiere, de manera clara, que fue la afortunada convergencia de exigencias, in-

centivos y desarrollos institucionales lo que impulsó tales avances.

Las exigencias para los investigadores, grupos y revistas estuvieron acompañadas de importantes desarrollos institucionales, como el Publindex, CvLAC y GrupLAC, junto con incentivos expresados en aumentos en los niveles de visibilidad, reconocimientos académicos y económicos. Entre éstos se destacan: (i) para los investigadores, ser reconocidos como pares, ascender en sus escalafones profesoriales, así como recibir bonificaciones y mejoras salariales por su productividad académica, expresada en las publicaciones en revistas indexadas; (ii) para los grupos, reconocer su trayectoria y la calidad de su producción a través de las publicaciones académicas, al igual que mayor facilidad para financiar sus actividades, de acuerdo con su categorización, etc., y (iii) para las revistas, publicar investigaciones y ser admitidas en los SIR para mejorar su escalafonamiento en el Publindex.

Profundizar en el análisis de esta experiencia es necesario para aprender de ella y mejorar la efectividad de las políticas de CTI en el país. A la vez, es urgente reconocer que ya son evidentes algunos cuellos de botella, que pueden asfixiar el sistema y truncar la consolidación del proceso de producción y divulgación científica. Por ejemplo, para propiciar el desarrollo de los grupos de investigación registrados y el fortalecimiento de los reconocidos se requieren profundos cambios en las universidades del país, mayor cantidad de recursos financieros y de revistas indexadas, así como el desarrollo de instrumentos que faciliten su internacionalización.

5. Las interacciones del SNCyT: radiografía de una desarticulación

Para completar el análisis sobre los avances de la CyT y los logros de la política, en esta parte se analizan: (i) el fortalecimiento de los actores articuladores del SNI; (ii) las relaciones entre los actores del SNCyT, y entre éstos y el sector productivo. En ambos casos, los logros distan de ser exitosos.

5.1 Los avances en los entes articuladores del SNI

En abierto contraste con los resultados alcanzados en el subsistema científico, los avances en el SNI vistos desde los articuladores no son claros. Para mostrarlo, el análisis se centra en los CDT, y en menor medida en las IEBT, que son los principales actores del sistema y los de mayor crecimiento en el período.¹⁸

Los logros de la política de apoyo a los CDT son dispares: en términos cuantitativos hubo

avances evidentes, expresados en su creación, pues el 83% de éstos nacieron entre 1990 y 2001 (Cuadro 8). De esta forma, muchas cadenas productivas y actividades cuentan con un CDT para apoyar su desarrollo tecnológico. Sin embargo, en el plano cualitativo, el panorama no es claro; menos aún, en su consolidación, que depende de la ampliación de los impactos tecnológicos y competitivos de sus acciones, y de su afianzamiento como nodos articuladores del SNI.

Pese a la escasez de evaluaciones, y al carácter parcial de las existentes, éstas muestran logros más claros en los centros que cuentan con infraestructuras duras, y en algunos casos, desarrollos y servicios tecnológicos para el ámbito internacional (Colciencias, 2001b). También señalan bajas capacidades e infraestructuras de TIC y poca vinculación con las universidades, centros y grupos de investigación (Colciencias, 2001a). Esos indicios sugieren debilidades en su función central: la intermediación. Además, muchos centros sufren dificultades financieras.

Cuadro 8
Evolución de los CDT y las IEBT
1990-2004

Año de creación	CDT	IEBT
Antes de 1990	7	0
1990-1994	11	0
1995-1998	15	3
1999-2001	8	8
2002-2004	0	13
Total	41	24

Fuente: tomado de Malaver y Vargas (2005a).

¹⁸ El desarrollo de otros actores del sistema, como los parques tecnológicos, los centros de productividad, las tecnópolis o los anillos tecnológicos es menor y sus avances durante el período 1990-2004, salvo excepciones, han sido mínimos.

En cuanto a las IEBT, su evolución también está ligada a la política para promocionarlas. Ese impulso se expresa en que el 100% de ellas se creó a partir de 1994, en el vertiginoso aumento de su cantidad desde 1999 (Cuadro 7) auspiciado por el Programa Nacional para apoyarlas, y en una expansión que es promisoría en el corto plazo, en razón de que el Sena se propuso contribuir a que en el país existan 40 incubadoras en el año 2006 (Cruz y Matiz, 2004).

La evolución en la creación de las IEBT ilustra logros cuantitativos de la política; sin embargo, se carece de estudios para evaluar sus logros y en la mayor parte de ellas no ha transcurrido tiempo suficiente para evaluar los efectos e impactos de su accionar. En todo caso, su desarrollo es incipiente, y existen indicios de dificultades en algunas de las más antiguas.

Resumiendo, al bajo nivel de los esfuerzos, capacidades y logros de las empresas en materia de tecnología e innovación, se añade el incipiente desarrollo de las IEBT y el difícil proceso de consolidación de los CDT.

5.2 Los avances en los vínculos entre los actores del SNCyT

Una de las mayores dificultades enfrentadas por las políticas de CTI ha sido estrechar las relaciones entre los actores del SNCyT, que determinan su dinámica y viabilidad. La debilidad de los vínculos se presenta con otros actores de la sociedad y dentro del sistema.

La fractura entre los subsistemas tecnológico y científico es notoria y ha sido reconoci-

da por el mismo organismo rector del SNCyT (Colciencias, 2005b). Vista la relación desde la perspectiva de las instituciones del SNI, la vinculación de las universidades en menos del 3% de las actividades desarrolladas por los CDT refleja la debilidad de sus articulaciones a comienzos de la presente década (Colciencias, 2001a). Un estudio reciente muestra aumentos en la cantidad de proyectos de estos centros adelantados con empresas, otros CDT y universidades, así como en su vinculación a redes internacionales; pero advierte sobre la débil articulación de sus actividades de innovación con los procesos científicos y tecnológicos (Jaramillo y Chaparro, 2004).

Desafortunadamente la desarticulación es de doble vía, pues son prácticamente inexistentes los productos tecnológicos (patentes, modelos de utilidad, diseños industriales) derivados de las actividades de los grupos de investigación (Malaver y Vargas, 2005a). Adicionalmente, en el país el grueso de productos tecnológicos obtenidos entre 1996 y 2002 es de *software*, pero no registrado (Jaramillo y Chaparro, 2004).

La desarticulación entre las entidades del SNCyT y el sector productivo es mayor. Pocos son los logros en los esfuerzos para que los empresarios conviertan la tecnología y la innovación en variables clave en su búsqueda de competitividad, y esto afecta la consolidación del SNI. Al respecto existe evidencia de que a mayor desarrollo de las capacidades tecnológicas y de innovación de las empresas, más alta es la vinculación (o apalancamiento) con el SNI (Malaver y Vargas, 2004a y 2005b). La baja inversión en actividades de I+D sugiere, entonces, que

es poco probable que la relación mejore. En la misma dirección apunta la exigua dedicación de personal a estas actividades. Al respecto el Cuadro 9 es ilustrativo: en Estados Unidos el 80% de los investigadores laboran en las empresas; en Brasil, el 31,1%, y

en Colombia, apenas el 6,9%. Adicionalmente, varios estudios a profundidad realizados en algunas cadenas del país señalan que para las empresas la tecnología no es una variable estratégica (Malaver, Vargas y Zerda, 2003; Malaver, 2002).

Cuadro 9
Distribución relativa de los investigadores por sector (1)
Año 2001 (2)

Países	Empresas	Ed. superior	Otros (3)
Colombia	6,9	81,8	11,3
Estados Unidos	80,5	14,7	4,7
Brasil	31,1	58,0	10,8

(1) Investigadores equivalentes a jornada completa.

(2) Brasil corresponde al año 2000.

(3) Incluye al gobierno y a las ONG.

Fuente: tomado de Malaver y Vargas (2005a).

Lo anterior incide en la escasa demanda de las empresas por los servicios que ofrece el SNI, que se detecta: (i) en los análisis de las encuestas de desarrollo tecnológico (Durán *et al.*, 2000; Malaver y Vargas, 2004a); (ii) en el marco del BID III, en la disminución de la meta de colocación de recursos de créditos reembolsables para apoyar al sector productivo, originada en la escasa respuesta de las empresas (Colciencias, 2005a), y (iii) en que los incentivos fiscales para estimular la innovación han sido aprovechados más por las universidades que por las empresas (Fedesarrollo, 2005). Esto corrobora la baja apropiación del sector productivo de los incentivos e instrumentos diseñados para estimular la innovación.

En el trasfondo de esa situación se halla el bajo reconocimiento de los empresarios del

país sobre las instituciones del SNI¹⁹ y la contribución de los avances científicos y tecnológicos para desarrollar ventajas competitivas (Colciencias, 2005c).²⁰ Lo más significativo de esta desarticulación es que un objetivo central del SNI es, precisamente, convertir a la empresa en su actor principal, como responsable directa de la innovación. Esto, por lo visto, está bastante lejos de alcanzarse.²¹

¹⁹ Según una encuesta de Fundes, citada por el Conpes 3280 (2004), mientras el reconocimiento de instituciones como el Sena y las universidades es alto, para los CDT y las IEBT es bajo.

²⁰ Un análisis sobre esos factores se encuentra en el *Manual de Bogotá* (Jaramillo, Lugones y Salazar, 2000), pero su análisis escapa a los objetivos de este trabajo.

²¹ A los anteriores análisis y resultados, de carácter individual, deben agregarse los relacionados con las acciones específicas orientadas a generar las redes de innovación, mediante la creación, prime-

6. Un balance del diagnóstico

Pese a la creación del SNI y a las políticas orientadas a incrementar la contribución del cambio técnico y la innovación al crecimiento y la competitividad, los resultados no son alentadores: la contribución del cambio técnico al crecimiento, lejos de aumentar, decreció; la inversión pública y privada en actividades de CTI estuvo lejos de la meta del 1% del PIB; no se registran avances significativos en las capacidades tecnológicas para incorporar y/o desarrollar la tecnología; el precario y decreciente número de patentes y el alto porcentaje de empresas que se encuentran en la fase duplicativa revelan bajas capacidades de innovación. Por ello, pese a los esfuerzos de política, no se logró que las capacidades tecnológicas y de innovación sean estratégicas para las empresas; por el contrario, obstaculizan alcanzar ventajas competitivas dinámicas.

El ejercicio muestra logros positivos contundentes de las políticas específicas destinadas a elevar las capacidades de producción científica, a través del fortalecimiento a los grupos de investigación, expresado en un notable aumento de su número, de los proyectos de investigación, y de la cantidad y

ro, de redes específicas alrededor de cada CDT; luego, conformando redes especializadas (por tecnologías comunes, etc.) y, actualmente, fortaleciendo *clusters* y redes de acuerdo con las especializaciones productivas regionales. Pero estos esfuerzos son relativamente recientes y sus logros están pendientes de evaluación. Deberían añadirse también los análisis de los esfuerzos y resultados alcanzados a través de las agendas regionales de innovación, o las acciones adelantadas en las cadenas productivas, pero, como se dijo, esto desborda las posibilidades del artículo.

calidad de la producción académica derivada de su actividad evaluada en el contexto nacional e internacional. Igual acontece en las capacidades de divulgación a través del apoyo al desarrollo de las revistas científicas. En medio de severas restricciones financieras, los significativos avances registrados revelan una efectiva conjugación de los desarrollos institucionales, exigencias e incentivos, para las universidades, revistas, grupos e investigadores. Esto invita a profundizar el análisis de esta experiencia.

Particularmente débiles son los logros de las políticas e instrumentos creados en el período para articular el SNCyT y el sector productivo. Existe una honda fractura entre los subsistemas tecnológico y científico. Los resultados sugieren, además, que se requieren ingentes esfuerzos para que los grupos de investigación avancen hacia el modo dos, por ejemplo, mediante la obtención de mayores productos tecnológicos y vinculaciones con el sector empresarial; igualmente, grandes serán los esfuerzos requeridos para que las empresas otorguen un papel central a la tecnología y la innovación en sus apuestas estratégicas.

En síntesis, son significativos en el país los avances y los logros de política en la producción y divulgación científica, y fueron muy débiles en el desarrollo tecnológico y la innovación, así como en la articulación del SNCyT.

7. A manera de colofón: desafíos y perspectivas de política

Para Colombia difícilmente puede existir un reto más importante que convertir al conocimiento en la fuente principal de su competi-

vidad y desarrollo. Así lo plantea la Visión Colombia 2019:

...es necesario aprovechar las ventajas comparativas del país, generar ventajas competitivas y, de esa manera, garantizar una inserción exitosa en la economía mundial. De no hacerlo, Colombia seguirá desperdiciando grandes potencialidades y limitando sus posibilidades de crecimiento y desarrollo. Resultará indispensable en este proceso el desarrollo del país en materia científica y tecnológica, única manera de innovar y generar mayor valor agregado [en su producción] (PR-DNP, 2005, p. 119).

En el plano específico de la CTI, el Pencti comparte y profundiza esta visión. Ese consenso constituye un avance. Sin embargo, el verdadero desafío es cómo lograrlo. El significado de este interrogante surge ante los resultados recientes de las políticas de CTI. El análisis efectuado sugiere que la materialización de ese propósito demanda ingentes esfuerzos y una ruptura con el pasado reciente. En otras palabras, un cambio cualitativo en el país tanto en el sector productivo, el gobierno y la institucionalidad dedicada a la CTI, como en las relaciones establecidas entre ellos. Esto obliga a explorar y aventurarse en nuevas alternativas.

Si se quiere evitar que las políticas de CTI tengan un carácter voluntarista, éstas deben apoyarse en: (i) un incremento sustancial y estable de los recursos y los esfuerzos compatibles con un papel estratégico de ésta, pues los años recientes muestran que la inversión en CTI es la más golpeada por las crisis y contingencias del país; (ii) un desarrollo de las capacidades tecnológicas, pues las teo-

rías y las experiencias señaladas al inicio del texto indican que para el desarrollo tecnológico no basta incrementar la inversión en maquinaria y equipo (la acumulación de capital), sino que es necesario desarrollar capacidades tecnológicas, incluso en la eventualidad que el país renunciara al desarrollo tecnológico endógeno y sólo se dedicara a adquirirlo, y (iii) una profunda reconversión productiva, que haga del desarrollo tecnológico la base de la competitividad. Para esto último, algunas alternativas son claras:

- Ante la emergencia y auge de economías con capacidades para actuar como ‘factorías globales’, con bajos costos salariales y economías de escala, son pocas las posibilidades de competir con productos estandarizados y acudiendo al expediente de bajos precios, costos y salarios. La alternativa para el país es buscar nichos en el mercado internacional mediante una diferenciación basada en un mayor valor agregado. Allí las tecnologías, incluso las blandas, desempeñan un papel fundamental.
- En algunas actividades existen altas potencialidades de generar ventajas competitivas a partir de sus ventajas comparativas. Ello implica incorporar mayor conocimiento y valor agregado en los productos, y en muchos casos inventariar, proteger y redescubrir sus potencialidades, como ocurre con nuestra biodiversidad.
- Las nuevas tecnologías, especialmente las emergentes con el paradigma tecnoeconómico en ciernes, abren la posibilidad de generar nuevos sectores, empresas y negocios. Allí la probabilidad de insertarse en el comercio con

éxito es alta, aunque las exigencias científicas, tecnológicas y económicas sean cada vez mayores y en algunos casos ya estemos rezagados.

Sólo una exitosa reconversión generará un terreno propicio para que el desarrollo tecnológico contribuya a lograr una “competitividad auténtica” (Fajnzylber, 1983), basada en la generación de productos, empleos, y entornos de calidad, esto es, en una “competitividad de calidad” (Coriat, 1998). Ésta será una manera eficaz de evitar el expediente de los bajos precios, costos y salarios para insertarse ‘con éxito’ en los mercados internacionales, que es la estrategia predominante en el país.

Una apuesta de esa naturaleza demanda cambios cualitativos en los actores empresariales y del SNCyT, así como en sus relaciones:

En primer lugar, en el ámbito empresarial se requieren inversiones, esfuerzos y desarrollo de capacidades tecnológicas que permita a las empresas transitar de la fase duplicativa a la imitativa, y de ésta a la generativa, para competir con éxito.

En segundo lugar, para los formuladores de política y para las políticas los desafíos también son mayúsculos, ya que las transformaciones del sector productivo no emergerán del mercado, como lo demostró la experiencia de quince años de apertura al mercado externo. Se requiere trascender la lectura convencional de las fallas de mercado, que es limitada para afrontar la complejidad de las tecnologías, los costos y la incertidumbre creciente, asociados a la innovación, el carácter acumulativo del conocimiento y de las capacidades tecnológicas y, sobre todo,

las especificidades (sectoriales y localizadas) de las tecnologías.

En el contexto analizado los formuladores de las políticas de CTI enfrentan varios retos:

- Articularlas a las políticas y estrategias económicas generales. Esto reclama mayores niveles de coordinación, aun dentro del mismo Estado.
- Desarrollar políticas mucho más diferenciadas. Esta exigencia surge de la escasez de recursos y la agudización de la competencia que demandan un comportamiento más estratégico que antaño. En este sentido, la clave está en identificar y definir criterios de diferenciación; por ejemplo, los relacionados:
 - ✓ Con los patrones de desarrollo tecnológico (Pavitt, 1984); con las oportunidades, siempre móviles, que ofrecen las trayectorias tecnológicas en curso o en el nuevo paradigma en ciernes; con el grado de transversalidad de las tecnologías actuales (las TIC) o las emergentes (como las llamadas tecnologías convergentes: nanotecnología, biotecnología, TIC, etc.); con las actividades con ventajas comparativas que tienen mayores potencialidades de generar ventajas competitivas, y con los patrones de especialización productiva y las potencialidades regionales.
 - ✓ Con la congruencia entre las capacidades tecnológicas que se van a desarrollar, los incentivos y los desarrollos institucionales.
- Desarrollar sus capacidades para formular, gestionar, hacer seguimiento y evaluar políticas de CyT, que presentan

las dificultades asociadas a la intangibilidad de muchos de sus efectos y al largo tiempo en que suele darse sus impactos. Establecer y divulgar los logros de las políticas constituirá un mecanismo eficaz para apoyar las estrategias de sensibilización y de apropiación social de la ciencia, con miras a incrementar su legitimidad.

En tercer lugar, a los retos anteriores se agrega otro no menos importante: ampliar y profundizar las interacciones entre los actores del SNCyT, para fortalecerlo y consolidarlo. Esto demanda desarrollar capacidades en los actores del SNI para articularse con el sistema científico y, en éste, para avanzar hacia el modo dos de investigación. La Universidad enfrenta además el reto de fortalecer la mencionada pero poco desarrollada relación con la empresa.

Finalmente, el país enfrenta el reto de consolidar los logros en el campo de la producción y la divulgación científica. Si bien la explosión de grupos de investigación dará lugar a un proceso natural de decantación, ya se dibujan con nitidez restricciones provenientes de la carencia de recursos financieros y de rigideces institucionales que pueden convertirse en cuello de botella para su desarrollo.

Lista de referencias

- Aghion, P. y Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60 (2), 323-351.
- _____ (1998). *Endogenous growth theory*. Cambridge: The MIT Press.
- Albornoz, M. (2001). Política científica y tecnológica: una visión desde América Latina. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad e Innovación*, 1, septiembre-diciembre.
- Arocena, R. y Sutz J. (2002). *Innovation systems and developing countries* (working paper 02-05). Danish Research Unit for Industrial Dynamics (DRUIT).
- _____ (2003). *Subdesarrollo e innovación: navegando contra el viento*. Madrid: Cambridge University Press-OEI.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID), (2001). *El motor del crecimiento: progreso económico y social en América Latina. Informe 2001*. Nueva York: autor.
- Barro y Sala-I-Martin (2003). *Economic growth* (2da ed.). Cambridge: The MIT Press.
- Becchetti, L. y Sierra, J. (2002) *Finance, investment and innovation: empirical and theoretical challenges* (Informe preparado para el Fifth EU Programme, Key Action, Improving the Socioeconomic Knowledge Base). Maastricht, The Netherlands: Institute for New Technologies of the United Nations University.
- Bejarano, J. (Comp.), (1996). *Evaluación del estado de las disciplinas económicas en Colombia: un enfoque institucional*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Bell, M. y Pavitt, K. (1993). Technological accumulation and industrial growth: Contrasts between developed and developing countries. *Industrial and Corporate Change*, 2 (2), 157-269.
- Boyer, R. (2000). Las instituciones que favorecen la innovación. En: J. Neffa. *Las innovaciones*

- científicas y tecnológicas: una introducción a su economía política* (pp. 7-15). Buenos Aires: Lumen Humanitas.
- Colciencias (2001a). *Informe tercera reunión del Comité Externo de Asesoramiento y Seguimiento –CEAS–: Programa Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, BID III*, Bogotá: autor.
- _____ (2001b). *Red de centros de desarrollo tecnológico, centros regionales de productividad e incubadoras de empresas de base tecnológica*. Bogotá: autor.
- _____ (2003). *El servicio permanente de indexación de revistas científicas y tecnológicas colombianas: PublindeX 2003-2005*. Bogotá: autor.
- _____ (2004). *Solicitud de cooperación técnica: Programa Nacional de Consolidación de los Centros de Desarrollo Tecnológico y Centros Regionales de Productividad del Sistema Nacional de Innovación de Colombia*. Bogotá: autor.
- _____ (2005a). *Términos de referencia para contratar la evaluación del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 1990-2004, y la evaluación ex post de los resultados e impacto del programa nacional de desarrollo científico y tecnológico BID etapa III, 1995-2003*. Bogotá: autor.
- _____ (2005b). *Propuesta de reforma de los programas nacionales de ciencia y tecnología*. Documento aprobado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Bogotá: autor.
- _____ (2005c). *La percepción que tienen los colombianos sobre la ciencia y la tecnología*. Bogotá: autor.
- Colciencias (2005d). *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación-Pencti, 2005-2020*. Bogotá: autor.
- Colciencias y Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), (2005). *Servicios de indexación y resumen utilizados para los procesos de indexación y homologación de revistas especializadas en ciencia, tecnología e innovación durante los años 2003 y 2004*. Bogotá: Comité Nacional de Indexación y Homologación.
- Comisión de las Comunidades Europeas (COM), (2004). *La ciencia y la tecnología claves del futuro de Europa: orientaciones para la política de apoyo a la investigación de la Unión* (Documento final No. 353). Bruselas: autor.
- Coriat, B. (1998). *Las nuevas dimensiones de la competitividad: hacia un enfoque europeo*. Recuperado el 7 de septiembre de 1999, de <http://www.jrc.es/iptsreport/vol15/spanish/CMP2S156.html>.
- Conpes 2739 (1994). *Política Nacional de Ciencia y Tecnología 1994-1998*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación (DNP).
- Conpes 2789 (1995). *Modificaciones de condiciones del crédito externo para financiar actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación (DNP).
- Conpes 2899 (1997). *Los acuerdos sectoriales de competitividad: avances y retos*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación (DNP).
- Conpes 3080 (1999). *Política Nacional de Ciencia y Tecnología 2000-2002*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación (DNP).

- Conpes 3280 (2004). *Optimización de los instrumentos de desarrollo empresarial*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación (DNP).
- Cooke, P.; Uranga, M., y Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Research Policy*, (26), 475-491.
- Cruz, C. y Matiz, F. (2004). *Sistema Nacional de Creación e Incubación de Empresas*. Bogotá: Sena.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP), Colciencias y Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), (2005). *Innovación y desarrollo tecnológico en la industria manufacturera Colombia 2003-2004*. Bogotá: autores.
- Dosi, G. (1988a). The nature of the innovative process. En: G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg y L. Soete (Eds.). *Technical change and economic theory*. London: Francis Pinter.
- _____ (1988b). Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, 26, 1120-1171.
- _____ (1997). Opportunities, incentives and the collective patterns of technological change. *Economic Journal*, 107, 1530-1547.
- Durán, X.; Ibáñez, R.; Salazar, M., y Vargas, M. (1998). *La innovación tecnológica en Colombia: características por tamaño y tipo de empresa*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación (DNP)-Colciencias.
- _____ (2000). *La innovación tecnológica en Colombia: características por sector industrial y región geográfica*. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT)-Colciencias-Departamento Nacional de Planeación (DNP).
- Fajnzylber, F. (1983). *Industrialización trunca en América Latina*. México: Nueva Imagen.
- Fedesarrollo (2005). *Estudio sobre la evaluación del impacto de los incentivos tributarios otorgados para ciencia, tecnología e innovación* (Informe final presentado a Colciencias). Bogotá: autor.
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. London: Francis Pinter.
- _____ (1995). The national system of innovation: Historical perspective. *Journal of Economics*, Cambridge, 19 (1), 5-24.
- Garrido, M. (2003, abril). *Sistema Nacional de Innovación y centros de desarrollo tecnológico en Colombia*. Documento presentado en el Primer Congreso Iberoamericano de Centros Tecnológicos, Valencia, España.
- Gibbons, M.; Limoges, C.; Nowotny, H.; Schwartzman, S.; Scott, P., y Trow, M. (1994). *The new production of knowledge*. London: Sage.
- Grilliches, Z. (1986). Productivity, R&D and basic research at the firm level in the 1970s. *American Economic Review*, 76(1), 141-154.
- Gómez, H. y Jaramillo, H. (1997). *Treinta y siete modelos de hacer ciencia en América Latina*. Bogotá: Tercer Mundo-Colciencias.
- Grossman, G. y Helpman, E. (1991). Quality ladders in the theory of growth. *Review of Economic Studies*, 58, 43-61.

- Hobday, M. (1995). *Innovation in East Asia: The challenge to Japan*. Aldershot: Edward Elgar.
- _____ (2000). East vs. south asian innovations systems: Comparing OEM and TNC-led growth en electronics. En: L. Kim y R. Nelson (Eds.). *Technology, learning and innovation: Experiences of newly industrializing economies* (pp. 129-169). Cambridge: Cambridge University Press.
- Jaramillo, H. y Chaparro, F. (2004). *Evaluación preliminar del impacto del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología*. Bogotá: Colciencias.
- Jaramillo, H.; Lugones, G., y Salazar, M. (2000). *Manual para la normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe: manual de Bogotá*. Bogotá: Tres Culturas Editores.
- Kim, L. y Nelson, R. (2000). Introduction. En: L. Kim y R. Nelson (Eds.). *Technology, learning and innovation: Experiences of newly industrializing economies* (pp. 1-9). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kline, S. y Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. En: R. Landau y N. Rosenberg (Eds.). *The positive sum strategy* (pp. 275-306). Washington: National Academy Press.
- Langlois, R. y Robertson, P. (1995). *Firms, markets, and economic change: A dynamic theory of business institutions*. London: Routledge.
- Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World Development*, 20 (2), 165-186.
- _____ (1994). Las capacidades tecnológicas. En: J. J. Salomon, F. Sagasti y C. Sachs (Comps.). *Una búsqueda incierta: ciencia, tecnología y desarrollo* (pp. 301-342). México: Editorial de la Universidad de Naciones Unidas, Centro de Investigación y Docencia Económicas y Fondo de Cultura Económica.
- Lall, S. (2000). Technological change and industrialization in the asian newly industrializing economies: achievements and challenges. En: L. Kim y R. Nelson (Eds.). *Technology, learning and innovation: Experiences of newly industrializing economies* (pp. 13-68). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lee, W. (2000). The role of science and technology policy in Korea's industrial development. En: L. Kim y R. Nelson (Eds.). *Technology, learning and innovation: Experiences of newly industrializing economies* (pp. 269-290). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lundvall, A. (1985). *Product innovation and user-producer interaction*. Aalborg: Aalborg University Press.
- _____ (1988). Innovation as an interactive process: From user-producer interaction to the national system of innovation. En: G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg y L. Soete (Eds.). *Technical change and economic theory* (pp. 349-369). Londres: Francis Pinter.
- _____ (Ed.). (1993). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Francis Pinter.
- Malaver, F. (2002). Un perfil de las capacidades tecnológicas en la industria de artes gráficas, imprentas y editoriales. *Innovar*, (20), 55-81.
- Malaver, F.; Perdomo, J. y Zerda, A. (1999). Los criterios de evaluación de la gestión pública y la

- reforma del Estado en Colombia. *Innovar*, (14), 55-72.
- Malaver, F. y Vargas, M. (2004a). El comportamiento innovador en la industria colombiana: una exploración de sus recientes cambios. *Cuadernos de Administración* (27), 33-61.
- _____ (2004b). Los procesos de innovación en América Latina: aportes para su caracterización. *Academia. Revista Latinoamericana de Administración, Cladea* (33), 5-33.
- _____ (2004c). Hacia una caracterización de los procesos de innovación en la industria colombiana: los resultados de un estudio de casos. *Cuadernos de Administración*, (28), 9-51.
- _____ (2004d). *La oferta de ciencia y tecnología en Bogotá y Cundinamarca* (Informe de investigación). Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT).
- _____ (2005a, 25-28 de octubre). *Los avances en las capacidades de producción y divulgación científica en Colombia entre 1994-2004 y su relación con las políticas públicas*. Documento presentado en el XI Seminario de Gestión Tecnológica ALTEC 2005, Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo, Brasil.
- _____ (2005b). *Competitividad, capacidades tecnológicas e innovación en la industria de Bogotá y Cundinamarca: resultados de una encuesta de innovación*. Manuscrito presentado para su publicación.
- Malaver, F.; Vargas, M., y Sierra, J. (2005). De la imitación a la creación: una apuesta por la innovación, la competitividad y el desarrollo en Colombia. Informe para el *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2020: componente de innovación*. Bogotá: Colciencias.
- Malaver, F.; Vargas, M., y Zerda, A. (2003). La innovación en la industria manufacturera colombiana: algunos avances y muchos desafíos. En: M. Vargas, F. Malaver y A. Zerda (Eds.). *La innovación tecnológica en la industria colombiana*. Bogotá: Centro Editorial Javeriano (Ceja).
- Mankiw, G.; Romer, D., y Weil, D. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107 (2), 407-437.
- Medina, J. (2005). *Informe nacional para SCOPE 2005*, Bogotá: Foresight.
- Neffa, J. (2000). *Las innovaciones científicas y tecnológicas: una introducción a su economía política*. Buenos Aires: Lumen Humanitas.
- Nelson, R. y Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Nelson, R. y Sampat, B. (2001, segundo semestre). Las instituciones como factor que regula el desempeño económico. *Economía Institucional*, 5, 17-51.
- Nieto, M. (2001, junio). *Indicadores y políticas nacionales e institucionales de ciencia y tecnología. Estudio de caso: índice de revistas científicas colombianas*. Documento presentado en el Taller Andino de Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación, Bogotá, organizado por la CAN, Universidad Javeriana, Colciencias, OCyT y RICyT.
- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), (2004). *Indicadores de ciencia y tecnología*. Bogotá: autor.

- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), (en prensa). *Indicadores de ciencia y tecnología*. Bogotá: autor.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), (2005). *Factbook 2005: Economic, Environmental and Social Statistics*. Paris: autor.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), (2002). *Informe sobre el desarrollo industrial correspondiente a 2002/2003: competir mediante la innovación y el aprendizaje*. Viena: autor.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13, 343-373.
- _____ (1997). Los objetivos de la política tecnológica. En: M. González, J. López y J. Luján (Eds.). *Ciencia, tecnología y sociedad* (pp. 191-204). Barcelona: Ariel.
- Pérez, C. (2001). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Revista de la CEPAL*, 75, 115-136.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), (2001). *Informe sobre el desarrollo humano 2001: poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano*. Nueva York: autor.
- Presidencia de la República (PR), Ministerio de Comercio Exterior y Departamento de Planeación Nacional (DNP), (2000, febrero). *Política para la productividad y la competitividad, 1999-2000*. Documento presentado en el Segundo Encuentro para la Productividad y la Competitividad, Cali, Colombia.
- Presidencia de la República y Departamento Nacional de Planeación (PR-DNP), (2005). *Visión Colombia II Centenario: propuesta para discusión*. Bogotá: autores y Editorial Planeta Colombiana.
- Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICyT), (2001). *El estado de la ciencia: principales indicadores de ciencia y tecnología iberoamericanos/interamericanos*. Buenos Aires: autor.
- _____ (2003). *El estado de la ciencia: principales indicadores de ciencia y tecnología iberoamericanos/interamericanos*. Buenos Aires: autor.
- Romer, P. (1986). Increasing returns and long run growth. *Journal of Political Economy*, 94 (5), 1002-1037.
- _____ (1990). Endogenous technical change. *Journal of Political Economy*, 98 (5), 71-102.
- Schumpeter, J. (1934). *The theory of economic development*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), 65-94.
- Swan, T. (1956). Economic growth and capital accumulation, *Economic Record*, 32 (2), 334-361.
- Vargas, M.; Malaver, F., y Zerda, A. (Eds.), (2003). *La innovación tecnológica en la industria colombiana*. Bogotá: OCyT-Colciencias-Ceja.
- Villaveces J. L. (2003). Del ferrocarril a 2000 grupos de investigadores. *Revista Javeriana*, 670, 70-80.

- Villaveces J. L. (2004). Notas hacia un documento sobre la medición del impacto de la ciencia y la tecnología. En: *Construcción de un modelo para medir el impacto de los programas nacionales de ciencia y tecnología sobre la sociedad colombiana* (Documento de investigación). Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- _____; Orozco, L.; Olaya, D.; Chavarro, D., y Suárez, E. (2005). Cómo medir el impacto de las políticas de ciencia y tecnología. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)*, 2 (4), 125-146.
- Wad, A. (1995). Las políticas científicas y tecnológicas. En: J. J. Salomon, F. Sagasti y C. Sachs (Comps.). *Una búsqueda incierta: ciencia, tecnología y desarrollo* (pp. 392-420). México: Universidad de las Naciones Unidas y Fondo de Cultura Económica.
- World Economic Forum (WEF), (2004). *The global competitiveness report 2004-2005*. Geneva: autor.