

Cerrando la brecha

Román Mayorga

Washington, D.C.
Enero de 1997—No. SOC97-101

Este documento fue preparado por Román Mayorga, Especialista Principal de Educación, Ciencia y Tecnología de la División de Programas Sociales, Departamento de Programas Sociales y Desarrollo Sostenible del Banco Interamericano de Desarrollo, con aportes de los siguientes funcionarios del Banco: Carlos Abeledo, Mauricio Bertrand, Luis René Cáceres, Claudio de Moura Castro, Xavier Comas, Luis de Sebastián, Leo Harari, Bernardo Kliksberg, Juan José Llisterri, Patricia Meduña y Emil Weinberg. El autor agradece las contribuciones de dichas personas y los comentarios y sugerencias de Eduardo Feller, de la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, Lauritz Holm-Nielsen, del Banco Mundial, Orlando Mason, de la Organización de los Estados Americanos y Sergio Trindade, de SE²T International. Las opiniones expresadas en este trabajo son del autor y no representan necesariamente las políticas del Banco Interamericano de Desarrollo.

Resumen

Este documento se refiere al apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) a los procesos de generación, difusión y utilización práctica del conocimiento en los países de América Latina y el Caribe. En contraste con las prácticas del mundo financiero internacional de los años sesenta el BID inició, a comienzo de esa década, los financiamientos para el desarrollo de la educación superior, la ciencia y la tecnología. Desde entonces, el Banco ha aprobado numerosas operaciones de préstamo y de cooperación técnica para realizar proyectos en estos campos y en los relacionados de investigación y extensión agrícola, educación técnica de nivel medio y capacitación laboral. Esa contribución del BID ha sido la principal, aunque de ninguna manera la única fuente de ayuda externa al desarrollo científico y tecnológico de los países de América Latina y el Caribe en más de tres décadas. La capacidad de la región en este campo, siendo relativamente débil por comparación a la de los países desarrollados y otros de reciente industrialización, habría sido significativamente menor sin el aporte del Banco.

Se busca aquí explicar cómo se ha concebido y realizado esa labor del BID y ofrecer bases conceptuales para una nueva estrategia de ciencia y tecnología (C&T). Es necesaria esa estrategia para ayudarle a la región a enfrentar los desafíos del Siglo XXI respecto al conocimiento, que crecientemente se considera en todo el mundo como el recurso más importante con que cuentan las naciones y un aspecto determinante de su competitividad en los mercados internacionales. Este documento presenta los elementos de memoria institucional, en el capítulo I y de análisis actual, en el capítulo II, que son necesarios para fundamentar los esfuerzos del futuro. En los capítulos III y IV, los diversos aspectos analizados se integran en sugerencias de acción específicas para distintos tipos de países. El capítulo V discute los tópicos del financiamiento de C&T que son de especial interés para la institución, explica posibles objetivos de su estrategia e incluye un ejemplo de lo que podría ser un programa financiado por el Banco. El cuadro en la página siguiente sintetiza los problemas que se quiere afrontar, los objetivos sugeridos para la estrategia del BID y los instrumentos típicos que se utilizarían para llevarla a cabo.

SÍNTESIS DE BASES PARA UNA ESTRATEGIA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

PROBLEMAS DE C&T DE LOS PAÍSES DE LA REGIÓN (ALC)	OBJETIVOS SUGERIDOS DE LA ESTRATEGIA	INSTRUMENTOS TÍPICOS QUE PUEDEN USARSE
Escasa capacidad de investigación y desarrollo (I&D) Poca vinculación de la I&D con necesidades del desarrollo económico y social	Elevar y reorientar el esfuerzo nacional de I&D	C Fondos concursables de investigación y servicios C Fondos de capacitación de recursos humanos de alto nivel C Fortalecimiento de la infraestructura institucional
Desequilibrios entre la oferta y la demanda de C&T	Asegurar una mayor correspondencia entre la oferta y la demanda de C&T	C Fondos de desarrollo tecnológico de empresas C Apoyo a proyectos conjuntos de I&D e intercambios de personal entre universidades y usuarios C Requerimientos de vinculación en fondos que apoyan la oferta
Baja productividad por falta de difusión tecnológica	Promover la difusión de tecnologías adecuadas a las condiciones de cada lugar	C Apoyo a los servicios científico técnicos, especialmente los de información y extensión C Adaptación de tecnologías extranjeras C Desarrollo de centros tecnológicos sectoriales C Capacitación técnica de nivel medio y actualización profesional
Poca competitividad por insuficiente innovación tecnológica	Fomentar la I&D propia de las empresas	C Fondos de desarrollo tecnológico de empresas C Fondos de capital de riesgo C Incentivos fiscales y legales (protección a la propiedad intelectual)
Base débil de recursos humanos calificados	Corregir deficiencias en la disponibilidad de recursos humanos	C Fondos de capacitación de recursos humanos de alto nivel C Fortalecimiento de postgrados e investigación en universidades C Capacitación técnica de nivel medio y actualización profesional
Inexistencia o debilidad de sistemas nacionales de innovación (SNI)	Coordinar las políticas públicas y crear incentivos para la colaboración sistémica entre los agentes del SNI	C Diálogos entre <i>stakeholders</i> C Estudios de políticas e identificación de vínculos clave C Requerimientos y condiciones de los préstamos
Poca colaboración entre países de la región	Apoyar la cooperación internacional en C&T	C Proyectos de cooperación técnica regional C Apoyo a la cooperación entre países a través de componentes de programas nacionales.

Índice

Página

I.	La experiencia del BID en ciencia y tecnología	1
A.	Magnitud del aporte del Banco	1
B.	Política	2
C.	Primera etapa (1961-1987): Construcción de capacidad en universidades e institutos de investigación	2
D.	Segunda etapa (1988-1996): Consolidación de instituciones de C&T y transición hacia el apoyo de la productividad	3
E.	Resultados logrados	4
F.	Tendencias y limitaciones	7
G.	Conclusión	11
II.	Las Interfaces de la ciencia y la tecnología	12
A.	El desafío del crecimiento y la competitividad	12
B.	El sistema nacional de innovación	13
C.	Las funciones del Estado en ciencia y tecnología	14
D.	La relación de C&T con las empresas	16
E.	La interfaz entre la ciencia y la tecnología	17
F.	La relación de C&T con la educación	19
G.	Las relaciones de C&T con el empleo y el desarrollo social	20
H.	La interfaz internacional	22
I.	La orquestación del sistema de innovación	23
III.	Ciencia y Tecnología en países pequeños	25
A.	La cuestión de las prioridades	25
B.	Temas y disciplinas	26
C.	El largo plazo	27
D.	El plazo medio	28
E.	El corto plazo	29
F.	El enfoque estratégico en los países pequeños de la región	30
IV.	Ciencia y Tecnología en países grandes y medianos	32
A.	Claroscuros de un cuadro abigarrado	32
B.	Lo que más falta hace a estos países	33
C.	La promoción de la innovación tecnológica en el contexto de la globalización	34
D.	Completando el rompecabezas de la capacidad nacional de innovación	36
E.	El enfoque estratégico en los países mayores de la región	37
V.	El financiamiento de la ciencia y la tecnología	38
A.	Problemas del financiamiento de C&T	38
B.	Mecanismos de financiamiento orientados a la oferta de C&T	41
C.	Formas de financiamiento por el lado de la demanda	43
D.	Objetivos sugeridos de las operaciones del Banco	43
E.	Componentes típicos de un programa de C&T financiado por el BID	45
VI.	Epílogo	50

Referencias 51

-I-

La experiencia del BID en ciencia y tecnología

El BID contribuye de diversas maneras al desarrollo científico y tecnológico de los países prestatarios, desde el adiestramiento incluido en los proyectos que financia en prácticamente todos los sectores socioeconómicos hasta la creación de las diferentes infraestructuras que son necesarias para dicho desarrollo. La cooperación técnica no reembolsable del Banco fortalece la transferencia internacional de conocimientos y destrezas; los bienes y servicios que se adquieran con los préstamos incorporan frecuentemente nuevos conocimientos, que pasan a formar parte del acervo productivo de los países mediante la ejecución de los proyectos.

A. Magnitud del aporte del Banco

Además del apoyo indirecto, no cuantificado, que el Banco ha brindado al desarrollo científico y tecnológico de la región mediante el cúmulo de sus operaciones en todos los sectores, *ha facilitado hasta el presente cerca de US\$3.800 millones de ayuda directa a ese desarrollo*. La síntesis de dicha contribución en préstamos y cooperación técnica no reembolsable aparece en el cuadro No.1, clasificada según los distintos campos y políticas operativas de la institución que se relacionan más directamente con el desarrollo científico y tecnológico.

Cuadro No. 1

Operaciones de Préstamo y Cooperación Técnica del BID directamente relacionadas con el desarrollo científico y tecnológico

(Del 1/I/61 al 31/XII/96; en millones de US\$, a precios corrientes del año en que se aprobó cada operación)

Campo según Clasificación del BID	Política Operativa del BID	Número de Préstamos	Monto de los Préstamos	Monto de la Cooperación Técnica	Monto Total Contribución BID	Costo Total de los Proyectos (Estimado)
Ciencia y Tecnología	OP-744	31	1.323,2	41,7	1364,9	2.616,5
Educación Superior	OP-743	78	687,1	32,0	719,1	1.336,3
Educación Técnica Media y Capacitación Laboral	OP-743	34	621,9	42,1	664,0	1.046,0
Investigación y Extensión en el Sector Agropecuario	OP-721	29	863,0	181,4	1.044,4	1.855,6
TOTALES:		172	3.495,2	297,2	3.792,4	6.854,4

B. Política

Los primeros financiamientos del BID para ciencia y tecnología, en el lapso 1961-1967, se hicieron sin contar con una política expresa en este campo. Consistían, básicamente, en reforzar la infraestructura física de investigación y desarrollo (I&D) de instituciones públicas, como la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina (Préstamo 91/SF-AR) y el Instituto Mexicano de Investigación Tecnológica (33/TF-ME). *En 1968, el Directorio Ejecutivo del Banco aprobó una política explícita de ciencia y tecnología (OP-744) que aún se mantiene vigente.* Al amparo de esta política, que es distinta de la de educación (OP-743) y la de investigación y extensión en el sector agropecuario (OP-721, numeral 2), se han realizado todas las operaciones posteriores clasificadas como de "ciencia y tecnología". A dichas operaciones se refiere de manera especial este resumen, si bien la contribución del BID en este campo excede realmente una sola política o clasificación, como se enfatizó en los párrafos anteriores.

La *política operativa (OP-744)* establece que es objetivo del Banco participar en "la promoción del progreso científico y tecnológico" de la región, "en forma indirecta" tanto como "directamente", mediante operaciones de préstamo y de asistencia técnica para investigación y postgrado en las universidades y para "apoyar una serie de actividades e instituciones más allá de las tradicionales en el sector educativo". La política determina y explica detalladamente los "campos de actividad" que son elegibles para el financiamiento del Banco, tales como: servicios científicos y tecnológicos, organizaciones nacionales de ciencia y tecnología, creación de demanda, ayuda para evitar la emigración de científicos y técnicos, apoyo a la investigación básica y aplicada y la formación de investigadores, institutos de investigación tecnológica y de normas, y otros. Sin embargo, la política OP-744 no establece prioridades o jerarquías entre dichos campos elegibles, ni secuencias temporales o

relaciones causales entre determinados objetivos y medios. Parece una política deliberadamente concebida de manera muy amplia, para permitir que los proyectos apoyados por el Banco se ajusten flexiblemente a las particularidades de cada época y país.

Para que el BID apruebe una operación de financiamiento es necesario que el gobierno del país prestatario haya otorgado una alta prioridad al programa que se busca financiar en un proceso de programación de operaciones que el Banco lleva a cabo, por lo menos una vez al año, con cada gobierno. Es imprescindible también demostrar que el programa en cuestión ofrece un aporte significativo al desarrollo económico y social del país. Se deben precisar, para ello, las potenciales contribuciones de todos los componentes considerados y las bases de capacidad ya existentes en el país para materializar esas contribuciones con el apoyo de los recursos previstos en el proyecto. Este aspecto central del programa se somete a un análisis interdisciplinario del Banco, así como otros aspectos conexos tales como la adecuada correspondencia entre objetivos y medios, y la justificación de las dimensiones de los componentes del programa. Es necesario, además, demostrar la viabilidad de una ejecución eficiente del proyecto, lo cual es también objeto de un análisis detallado del Banco.

C.

Primera etapa (1961 - 1987): construcción de capacidad en universidades e institutos de investigación

No obstante la permisibilidad de la política expresa del Banco, sus operaciones de préstamo en ciencia y tecnología durante los años sesenta y setenta, y gran parte de los ochenta, mostraron una notable concentración de actividades e inversiones en el cumplimiento de un sólo *propósito básico: la creación de capacidad de I&D en universidades y centros de investigación públicos.* Este objetivo se buscó, principalmente, mediante dos tipos de

instrumentos: a) *becas de postgrado en el exterior* para la formación y la especialización de los investigadores de esas instituciones; y b) *inversiones para la construcción y el equipamiento de infraestructura* de I&D, como laboratorios, bibliotecas y centros de cómputo. Los recursos de los préstamos se canalizaron normalmente a través de los consejos u otras organizaciones nacionales de ciencia y tecnología, como CNPq y FINEP de Brasil, CONACYT de México, CONICET de Argentina y COLCIENCIAS de Colombia.

Si bien no hubo en el lapso 1961-1987 un documento general de estrategia más allá de OP-744, los informes de proyecto del Banco reflejaron regularmente un *diagnóstico que, simplemente resumido, identificaba como problema principal la debilidad de la región en I&D*, concebida ésta principalmente como investigación académica, y afirmaba que no se puede hacer ciencia y tecnología significativas si no hay suficientes científicos competentes ni laboratorios bien dotados. El gran objetivo estratégico era, por ello, implícito pero claro: si no había capacidad, o ésta era demasiado limitada, lo primero que había que hacer era crearla o fortalecerla, aunque esto no fuese desde luego una condición suficiente para el desarrollo.

En vista de que todas las operaciones del Banco debían contribuir al desarrollo económico y social de los países miembros, resultaba esencial asegurar "la relevancia" de las inversiones propuestas. Esto se hizo, normalmente, mediante el análisis de las contribuciones potenciales de las operaciones al logro de objetivos concretos de crecimiento económico y satisfacción de necesidades sociales. Adicionalmente, cada vez más desde 1988, el Banco utilizó metodologías de *análisis económico en condiciones de incertidumbre* para calcular probabilísticamente las rentabilidades de los proyectos de I&D. Dicha práctica se basó en el argumento de que el rigor de este ejercicio analítico, más que los números resultantes, contribuía a incrementar la pertinencia de las inversiones incluidas en los programas y a producir cambios culturales en la comunidad científica que aumenta-

ban la conciencia de los costos y de los potenciales beneficios de la I&D. De suyo, los programas financiados por el Banco han contribuido, como veremos posteriormente, a promover la elección de temas de investigación relacionadas con el desarrollo económico y social.

Además de la relevancia se procuró atender a la calidad y las economías de escala de la I&D. No sólo se requería la idoneidad de investigadores y de los medios disponibles para producir eficazmente resultados de I&D, sino que debían resolverse problemas derivados de la fertilización cruzada entre disciplinas, las zonas de traslape entre las mismas y la constitución de sistemas de conocimiento donde interactúan y convergen diversos tipos de tecnologías y de ciencias. Esto significaba que la *especialización eficaz* de un país en cualquier campo no sólo no se oponía, sino que exigía, cierto grado de *capacidad científica generalizada* para trabajar competentemente en materias interdependientes. Ello implicaba, también, la necesidad de contar con ciertos niveles de *masa crítica* para progresar en este campo, que hace tiempo dejó de ser el reino del científico genial trabajando aisladamente en su laboratorio. En general, el énfasis de las operaciones del Banco, en esta primera etapa, estuvo más en la construcción de capacidad generalizada que en el desarrollo de competencias especializadas.

D.

Segunda etapa (1988 - 1996): consolidación de instituciones de C&T y transición hacia el apoyo de la productividad

Hacia finales de la década de los años ochenta llegó a perfilarse claramente un *segundo objetivo estratégico de las operaciones del BID en C&T: el estímulo directo de la demanda de las empresas y la correspondiente creación de vínculos entre productores y usuarios de conocimientos y técnicas*. Este objetivo aparece prominentemente en todos los informes de proyecto de C&T desde 1988, en un libro del Presidente del BID (Iglesias, E. V., 1992) y en algunas publicaciones generales sobre C&T del antiguo Departamento de Análisis

de Proyectos (PRA, 1989) que preparaba técnicamente todas las operaciones del Banco en este campo.

Este nuevo objetivo fue impulsado por los cambios del modelo de crecimiento basado en la sustitución de importaciones que estaban siendo adoptados o considerados en casi todos los países de la región y la preocupación de incrementar la productividad y la competitividad internacional de las actividades económicas. Varios países buscaron ayuda del Banco para ***aumentar la capacidad tecnológica de sus empresas*** a efectos de que pudiesen competir mejor en mercados cada vez más amplios y exigentes. Este ámbito de preocupaciones surgió con fuerza justamente cuando, debido al cúmulo de inversiones realizadas en las décadas anteriores, había ya en las instituciones de algunos países de la región bases de capacidad para comenzar a responder adecuadamente al ***desafío de la competitividad***. Había que aprovechar mejor las capacidades ya creadas para ayudarles a las empresas a sobrevivir y a progresar en ambientes más competitivos. Esto mismo comenzó a revelar limitaciones del financiamiento de C&T por el lado de la oferta y llevó a buscar mecanismos idóneos para promover actividades de desarrollo tecnológico e innovación en las propias unidades productivas, así como formas de conectar y compatibilizar mejor la oferta con la demanda de conocimientos.

Para promover en sus operaciones este tipo de objetivos el Banco utilizó diversos instrumentos, generalmente extraídos de las experiencias incipientes de los propios países de la región y a menudo inspirados en las prácticas de los países desarrollados. ***Un instrumento importante ha sido el "fondo de desarrollo tecnológico"***, que directamente facilita recursos financieros y asistencia técnica a empresas que desean realizar o contratar su propia I&D o emprender otros esfuerzos de innovación tecnológica. Algunos de estos fondos fueron establecidos con financiamiento del BID y otros fueron ampliados con recursos de sus préstamos.

Otros instrumentos empleados para ayudar a

consolidar instituciones de C&T, robustecer la productividad de las empresas y fomentar los vínculos entre éstas y los centros nacionales generadores de conocimientos y técnicas han sido: a) los requisitos de elegibilidad y metodologías de evaluación de proyectos de I&D en universidades e institutos públicos que, a partir de 1988, obligan a buscar nexos con potenciales usuarios para acceder a los recursos del préstamo; b) los cambios taxonómicos en la clasificación de la I&D que identifican más claramente la investigación cuyos resultados son transferibles a la actividad socioeconómica en determinados lapsos, así como variables de control que aumentan los montos destinados a ese tipo de I&D; c) los proyectos de vinculación tecnológica entre universidades y empresas como los de SECYT en Argentina (préstamo 802/OC-AR) y FONDEF en Chile (672/OC-CH); d) las entidades de servicios científicos y tecnológicos (llamadas a veces "infraestructura de apoyo tecnológico"), como el Instituto de Normas y Control de Calidad, la unidad de microscopía electrónica, los laboratorios de postcosecha, de estructuras y ensayo de materiales y las oficinas de extensión e información tecnológica de Costa Rica (544/OC-CR). El Banco contribuyó, también, al inicio y al desarrollo del Programa Bolívar, uno de cuyos objetivos es fomentar vínculos entre empresas y universidades de distintos países de la región.

E. Resultados logrados

El Banco no ha realizado aún (1996) una evaluación sistemática del impacto de los programas de C&T que ha financiado, si bien la Oficina de Evaluación (EVO) ha iniciado los trabajos de una "evaluación de política/programa" y el Departamento de Programas Sociales y Desarrollo Sostenible (SDS) está elaborando un estudio de casos exitosos de innovación tecnológica en la región. La información aquí presentada es, por tanto, parcial y se basa en una revisión de informes de proyecto, documentos de préstamo, informes de progreso y de misiones y consultores del Banco (ver referencias bajo Banco Interamericano de Desarrollo).

No obstante la falta de datos precisos, parece seguro afirmar que no menos de **20.000 científicos e investigadores de América Latina** se formaron o especializaron con el apoyo del Banco y que no menos de **100 universidades e instituciones de C&T**, probablemente las más desarrolladas ahora, se fortalecieron significativamente. Entre éstas se encuentran, por ejemplo, la Universidad de São Paulo, la Universidad Autónoma de México, la Universidad Simón Bolívar de Venezuela, la Universidad de Chile, la Universidad de Costa Rica, la Universidad de la República del Uruguay, la Universidad de las Indias Occidentales (West Indies); los consejos nacionales de ciencia y tecnología de Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Uruguay y Venezuela; los fondos de desarrollo tecnológico de Argentina (FONTAR), Brasil (FINEP/ADTEN), Chile (FONTEC), Colombia (COLCIENCIAS), Costa Rica (FODETEC), México (FIDETEC) y Uruguay (FINTEC). En vista de que **la capacidad en C&T depende fundamentalmente de personal competente, infraestructura y desarrollo institucional**, es claro que el BID hizo un aporte importante a la creación de dicha capacidad en algunos países de la región.

Los pocos esfuerzos de evaluación formal que han realizado los propios países indican buenos resultados. Un informe (Teubal, M., 1994) de las actividades de C&T financiadas en Chile concluye que “los programas están bien diseñados y parecen operar armoniosamente y con relativa efectividad”. El informe atribuye al Fondo de Desarrollo Tecnológico (FONTEC) un apoyo eficaz a un proceso significativo de “aprender a innovar” en el sector privado, mientras que el Fondo de Fomento (FONDEF) de C&T ha contribuido a desarrollar capacidades de I&D relevantes para el país en universidades e institutos tecnológicos. Otra evaluación independiente (INVERTEC IGT, 1995) concluye que “en la gran mayoría de los casos de empresas pequeñas, que constituyen dos tercios del universo, los proyectos efectivamente no se hubieran realizado sin FONTEC” y que “el financiamiento FONTEC está generando del orden de cinco a seis pesos de IVA (impuesto sobre el valor

agregado) por cada peso asignado, y eso sin tomar en cuenta otro tipo de beneficios en términos de empleo, impactos indirectos y, por supuesto, afianzamiento de empresas de carácter innovador”. A similares conclusiones llegan dos evaluaciones (Cuervo, A., y Melo, D., 1994 y Centro Nacional de Consultoría, 1994) realizadas en Colombia: las evaluaciones destacan fundamentalmente la construcción de capacidad en universidades, así como un proceso incipiente de aprendizaje de la innovación en los sectores productivos. A continuación siguen algunos ejemplos, entre cientos, de innovación tecnológica exitosa, a los que han contribuido las entidades que recibieron recursos de préstamos del Banco.

En Argentina se han desarrollado, entre otros, un producto pionero de leche bioterapéutica con la propiedad de lograr la normalización ecológica de la flora intestinal en niños con diarrea, que ya está difundido en el mercado del país; una vacuna contra el rotavirus del ternero, en producción comercial, que reduce la incidencia de la enfermedad de 43% a menos de 9% y la mortandad de los terneros por esa causa de 5,4% a 0,2%; un edulcorante esteriósido a partir de un clon argentino de una hierba natural, cuya producción experimental está a punto de iniciarse en una planta piloto; un reactivo diagnóstico de la enfermedad de Chagas, cuya comercialización masiva se encuentra ahora en negociación con empresas farmacéuticas internacionales; y un nuevo catalizador para la oxidación de monóxido de carbono que ya está comercializado y en utilización en varias plantas de craqueo analítico (Fundación Centro de Biosíntesis, 1996).

En Brasil se han logrado, por medios biotecnológicos, nuevas variedades de soya y de azúcar que están ampliamente difundidas en el país, con efectos económicos y sociales de envergadura; medicamentos oncológicos comercializados, como platinito y neoplatine, con eficacia igual a otros productos de uso internacional y precio 70% más bajo que los de productos importados; equipos inéditos de prospección y producción de petróleo en aguas profundas, como los del *Árvore de Natal*

Molhada y Manifold Submarino con unidades instaladas que ya producen 44.000 barriles por día y un robot con tecnología pionera para operar a mil metros de profundidad, que aumenta la eficiencia y reduce el costo de mantenimiento de las plataformas de petróleo brasileñas; nuevas centrales telefónicas de tamaño medio que en la actualidad atienden a más de 100.000 terminales instaladas, con reducción de costos del orden del 60%; nuevos diseños de antenas de microondas para transmisión de datos a alta velocidad, que atienden al 50% del mercado interno y se exportan a otros países; y desarrollos de software de computadoras, que se utilizan internacionalmente (Magalhães Castro, M. H., 1996).

En Chile se ha desarrollado un nuevo sistema de detección y control del cancro bacteriano del tomate, que es uno de los principales problemas fitosanitarios de la producción nacional de la hortaliza; con el nuevo sistema se ha reducido significativamente la aplicación de pesticidas, aumentando a la vez los rendimientos unitarios del cultivo. Se ha logrado también un nuevo proceso no contaminante para la producción de un derivado del cobre utilizado en pinturas marinas, óxido cuproso, que no se producía antes en el país; se desarrolló un nuevo producto, un controlador automático de calidad de prensado de harina de pescado, que ha elevado la calidad y competitividad de este producto de exportación; se ha logrado un nuevo proceso de secado que se utiliza en la industrialización de la madera chilena y aumenta la calidad de la madera procesada; y se hizo una adaptación del software SPORA que es utilizada con éxito en la producción y operación de minas a cielo abierto (CORFO, 1995).

En Colombia se ha desarrollado una vacuna contra la malaria que parece ser la más eficaz en la actualidad (Spurgeon, D., 1995); se ha logrado un nuevo proceso de producción de un insumo empleado en la fabricación de diversos alimentos y resinas, el ácido fumárico, utilizando aguas residuales contaminantes provenientes de otros procesos productivos químicos; se ha desarrollado y aplicado, a nivel de planta piloto, una nueva tecnología

para la obtención de sabores naturales a partir de proteínas vegetales de harina de soya, gluten de trigo y germen de maíz; una empresa colombiana del sector electrónico ha desarrollado un nuevo equipo móvil de rayos X basado en control por microprocesador, de gran utilidad en el campo de atención a la salud por su versatilidad y bajos costos; otra empresa ha desarrollado y produce nuevas válvulas utilizadas en sistemas de trasiego de líquidos y gases, para mantener la presión constante aguas abajo (COLCIENCIAS, 1994).

En Costa Rica se han desarrollado y utilizado diversas aplicaciones de software a procesos productivos, comerciales y educativos; un procedimiento que permite aprovechar señales de satélites para detectar zonas ricas en peces de los océanos en las costas centroamericanas; nuevos diseños de cajas especiales de seguridad, para instituciones financieras, que se venden en los mercados internacionales; un dispositivo microelectrónico que permite modernizar, a bajo costo, centrales telefónicas antiguas; un nuevo producto químico que se utiliza en el pulido de cristales de cuarzo en las fábricas de una empresa multinacional; nuevos procesos de tratamiento de desechos industriales en fábricas de quesos y diversos métodos de reducción de pérdidas postcosecha de la producción agrícola. (Sibaja, E., 1996).

En Uruguay se ha logrado un método eficaz de protección de cultivos agrícolas contra las heladas de radiación, basado en el invento del “sumidero invertido selectivo”, patentado por un académico del país; se desarrolló y se encuentra en fase de producción comercial para la exportación, un nuevo proceso de elaboración de lanolina a partir de la grasa de lana, que elimina residuos de pesticidas y permite así satisfacer las normas más exigentes de los países importadores; se está ensayando, en planta piloto, un nuevo método ecológico para el aprovechamiento energético de envases plásticos; se han desarrollado nuevos diseños de transformadores que son más resistentes a descargas eléctricas súbitas; se está adaptando al uso de personas de habla hispana con problemas de sordera profunda, una prótesis electrónica auditiva que fue desarro-

llada en Estados Unidos para personas de habla inglesa y no funciona bien en las primeras (Roche Rivera, H., 1996).

Los concursos de proyectos de I&D con evaluación de "pares" o colegas (*peer review*) han sido una práctica eficaz para establecer patrones rigurosos de calidad de I&D, que el Banco ha contribuido bastante a introducir y generalizar en la región. Esta práctica, que surgió de los consejos editoriales de las revistas científicas y fue difundida por la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, ha sido incorporada regularmente en el diseño de las operaciones de C&T del BID. Por lo menos en doce países se han realizado concursos competitivos de este tipo con el apoyo del Banco y hay indicios de que ello ha contribuido a elevar la calidad de la producción científica de la región; por ejemplo, en cuatro años desde el establecimiento de tales concursos en el Uruguay, se ha duplicado el número anual de artículos de autores de este país registrados por el *Science Citation Index* (SCI) y se ha incrementado en más del 30%, como promedio, el número de citas internacionales de cada uno de esos artículos (CONICYT, Uruguay 1995).

El Banco ha tenido una participación modesta en el fomento de la cooperación horizontal entre países en C&T. Algunas operaciones destacadas de ese tipo han sido las de apoyo al Programa Bolívar, a los centros regionales de investigación agrícola y a los países del Caribe de habla inglesa, a través de su universidad regional. También el Banco ha participado en esfuerzos hemisféricos de organismos de las Naciones Unidas (especialmente la UNESCO), de la Organización de los Estados Americanos, la Secretaría del Convenio Andrés Bello, el Centro Interuniversitario de Desarrollo y otros. Sin embargo, el volumen de recursos que se destina a la cooperación intrarregional en ciencia y tecnología es poco significativo al tomar en cuenta el nivel de necesidades.

Desde el punto de vista operativo, el desembolso de los préstamos y la ejecución de los proyectos han sido razonablemente eficientes en la mayoría

de los casos, pero no han estado exentos de problemas de diversa índole que merecerían más evaluación de la que es posible hacer ahora. El sistema utilizado por el Banco para el seguimiento de los proyectos financiados (1995 Annual Report on Portfolio Management) distingue cuatro categorías que sintetizan diversos indicadores del progreso de su ejecución. Dichas categorías son las siguientes, en orden descendente de progreso satisfactorio: normal, lento, difícil y problemático. Al 31 de diciembre de 1995 había diez programas de C&T en ejecución con préstamos del Banco; nueve de ellos (90%) fueron clasificados en la categoría normal y uno (10%), que ya tenía un 98% de progreso en su ejecución, fue clasificado como lento, por problemas de falta de entrega oportuna de recursos de contrapartida. Este es un desempeño bastante superior al promedio de todos los proyectos (259) en ejecución a la misma fecha, que fueron clasificados de la siguiente manera: 66,9% normales, 22,7% lentos, 5,2% difíciles y 5,2% problemáticos. La comparación es aún más favorable a los programas de C&T respecto al conjunto de los programas sociales; en una muestra de 33 de estos programas sus respectivas clasificaciones en las mismas categorías fueron 48,5%, 27,3%, 12,1% y 12,1%.

F.

Tendencias y limitaciones

Hacia finales de los años ochenta se alteró fundamentalmente la estructura de los programas de C&T financiados por el BID, con el aumento de la investigación aplicada y el desarrollo experimental. Al comparar el período 1961-1987 con el de 1988-1995, se aprecia en el segundo una disminución porcentual grande de la inversión destinada a infraestructura de universidades e institutos públicos de investigación y un aumento relativo y absoluto de la I&D, particularmente de la realizada o contratada por empresas productivas privadas. En el período posterior a 1987 solamente tres universidades de la región recibieron recursos de préstamos del BID para grandes refuerzos de infraestructura de laboratorios: en Uruguay (646/OC-UR), en el Caribe de habla inglesa

(University of the West Indies, 679/81-OC-RG), y México (804/OC-ME). En cambio, todos los programas en este campo incluyeron recursos sustanciales para "I&D con resultados de transferencia inmediata" al aparato productivo. La proporción de los recursos destinados a I&D de las empresas se elevó al 70% en el caso de Brasil (620/OC-BR), 49% en Argentina (802/OC-AR) y 31% en Colombia (875/OC-CO). En los 25 años precedentes estas proporciones habían sido nulas o prácticamente insignificantes.

Los cambios de proporción recién indicados resultan aún más significativos si se considera que, además, hubo un gran aumento en el volumen de financiamiento para programas de C&T; más de dos tercios del total histórico desde 1961 se aprobó después de 1987. El cambio de orientación de los programas ha representado, por tanto, un importante *estímulo para la adopción de temas de interés práctico y razonablemente inmediato para la sociedad* en la investigación de las universidades y uno de los pocos esfuerzos existentes en la región para promover directamente la I&D en las empresas. Algunos autores critican ese cambio, por juzgar que se está yendo demasiado lejos en un proceso de "mercantilización del conocimiento" que tiene efectos adversos sobre la acción de largo plazo, las capacidades básicas y la determinación autónoma de las universidades (ver, por ejemplo, Licha, I., 1995). Sin embargo, si se toma en cuenta el grado de divorcio de la investigación académica tradicional en la región con las necesidades socioeconómicas de los países, se concluye que el cambio de énfasis en los programas financiados por el BID probablemente operó en la dirección correcta.

Los financiamientos del BID para C&T se han venido haciendo progresivamente más complejos. Partiendo de los préstamos de la primera etapa, que se circunscribían a proporcionar recursos financieros para infraestructura y becas para el personal de una o pocas entidades, generalmente académicas, las operaciones fueron incluyendo cada vez más aspectos de cada vez más instituciones. Los fondos de desarrollo tecnológico para empresas, los

servicios técnicos de metrología, normalización y control de calidad, la vinculación de universidades con los sectores productivos y otros instrumentos de compatibilización de la oferta con la demanda, son parte de esta tendencia. Sin embargo, la política vigente (OP-744) no se refiere explícitamente al carácter sistémico de la capacidad científica y tecnológica de los países, ni fomenta el análisis de las interrelaciones entre los componentes incluidos en los proyectos para lograr sinergias de mutua dinamización.

Una de las consecuencias de la crisis económica de los años ochenta fue el progresivo abandono de los proyectos de gran escala y costo en la ciencia (energía nuclear, fibras ópticas, etc.), en el caso de los países que los propiciaban. Presionados por la reducción de fondos públicos, algunos grupos de investigación aumentaron sus contactos con empresas y aceptaron colaborar en esfuerzos menos ambiciosos de las mismas. Si bien hay grandes ineficiencias en proyectos truncados, costos hundidos y expectativas frustradas, también parecen haberse incrementado las actitudes pragmáticas más proclives a la colaboración con otros sectores. Es posible que el financiamiento del Banco haya facilitado la realización de ajustes realistas en tales casos.

No se dispone de evidencias acerca de los efectos sobre la distribución del ingreso y la riqueza de los programas de C&T financiados por el Banco. Este aspecto no ha sido evaluado en ninguno de los programas ejecutados o en ejecución. Los informes de proyecto (ver, por ejemplo, PR-1602, PR-1806, PR-1827, PR-1969, PR-2062) manifiestan que el estado del arte no permite hacer cuantificaciones confiables del impacto distributivo de este tipo de programas y aducen razones como la imposibilidad de predecir la naturaleza y los plazos de muchos de los resultados de las investigaciones, así como la necesidad de hacer inversiones adicionales a las de los programas para obtener los beneficios plenos de dichos resultados. La justificación de estos programas nunca se planteó en términos de equidad, sino de crecimiento y competitividad, existiendo como hay otros instru-

mentos complementarios que son más idóneos para lidiar con el problema de la injusticia social en la región. Sin embargo, es posible (Sutz, J., 1993) que estos programas hayan tenido algunos efectos positivos sobre el acceso al conocimiento, que es una fuente importante de poder, y sobre otros aspectos del desarrollo social, como la salud, la nutrición, la participación de la mujer y la protección del ambiente.

La matrícula de mujeres en las instituciones de educación superior de la región ha crecido a un ritmo notablemente mayor que la ya elevada tasa de aumento de la matrícula total de estudiantes (ver informes de proyecto del Banco), pasando de menos del 25% de ésta en los años sesenta a prácticamente el 50% en los noventa, y algo más de eso en algunos países. Tomando en cuenta la limitación de recursos para C&T de otras fuentes, los programas financiados por el BID han representado una **ampliación importante de las oportunidades de capacitación y trabajo de este tipo para la mujer en la región**. Sin embargo, la participación de las mujeres en estudios de C&T y especialmente en las ingenierías es todavía bastante más baja que la de hombres, así como en actividades intelectuales de alto nivel, como la I&D y la docencia superior. La proporción de mujeres en el total del personal docente e investigador de las universidades generalmente no excede del 25% en los países de América Latina. Posiblemente ello se deba a estereotipos sociales que asignan distintos roles a hombres y mujeres, basados en supuestas diferencias de aptitud para unas y otras actividades. Las conferencias mundiales sobre la mujer, desde México a Beijing, han denunciado esos estereotipos e insistido en promover una igual participación del hombre y la mujer en el desarrollo científico y tecnológico.

La relación de la tecnología con el ambiente ha sido ambivalente. Por una parte, el uso inadecuado de agroquímicos, la lluvia ácida, los peligros de las plantas nucleares, la reducción de la capa de ozono en la atmósfera y otros fenómenos ecológicos adversos son consecuencias de la manera como ha procedido y se ha utilizado hasta el presente el

desarrollo tecnológico. Por otra parte, las soluciones de esos y otros problemas interrelacionados, como la desertificación, la extinción de especies, la contaminación del aire y del agua, la degradación de cuencas hidrográficas y la destrucción de recursos costeros, requieren el aporte del conocimiento y la tecnología. El financiamiento del Banco ha enfatizado **la generación y difusión de tecnologías limpias** que contribuyan a proteger el ambiente o, por lo menos, no incrementen su deterioro, **así como la conservación y el manejo científico de los recursos naturales**. En tal sentido ya existen algunas experiencias positivas en la región; por ejemplo, las inversiones que ha hecho Costa Rica en construcción de capacidad en las ciencias forestales, oceanográficas y limnológicas, están rindiendo frutos no sólo en la preservación de su considerable diversidad biológica sino en aumentar el ingreso de divisas por turismo ecológico.

La discontinuidad de las asignaciones presupuestarias después de la finalización de los programas financiados por el BID ha sido un problema importante en la región, en C&T y otros campos. Hay, sin embargo, excepciones. La CONICYT chilena y sus mecanismos de canalización de recursos a la investigación se han mantenido estables por muchos años, no obstante los cambios drásticos de orientación política en el país. Las últimas cinco administraciones públicas costarricenses y colombianas, a pesar de cambios de partidos políticos en el respectivo gobierno, han mantenido una coherencia relativamente continua de políticas y acciones en C&T. En estos y otros casos el Banco ha sido por lo general un **socio confiable del desarrollo científico y tecnológico de los países**, apuntalando instituciones clave, colaborando en el análisis, facilitando la continuidad de los recursos y ayudando, a veces, a corregir sus dañinas fluctuaciones cíclicas.

Una deficiencia importante de la actividad del Banco en ciencia y tecnología fue señalada por el Director Ejecutivo por Belice, Centroamérica y Haití, en un Memorando (Hernández Alcerro, J.R.) dirigido al Presidente del Comité de Políticas del

Directorio Ejecutivo del Banco el 16 de junio de 1995. Esta deficiencia ha sido la **excesiva concentración del financiamiento del BID en países de mayor tamaño**; es decir, los países A y B de la clasificación del Banco. En efecto, cerca del 84% de las operaciones de préstamo aprobadas y clasificadas como de ciencia y tecnología en el período 1961-1995 y aproximadamente el 94% de los recursos de dichos financiamientos se dirigieron a países A y B. Esta concentración es bastante mayor que la de otros campos, pues solamente el 45% del número total de préstamos aprobados en el período 1961-1995 para todos los sectores, y el 63% del monto del financiamiento de esos préstamos, se destinaron a países A y B. (BID, Informe Anual 1995). Dicha situación no es el resultado de un diseño deliberado, sino de las limitaciones propias de los países C y D y de la ausencia de una estrategia explícita que atienda a sus necesidades y circunstancias en este campo.

Existe una **brecha científica y tecnológica dentro de la región**, según lo indican diversas mediciones de insumos y resultados de las actividades en C&T (CYTED/RICYT/OEA/MERCOCYT, 1996; UNESCO, anuarios estadísticos; IRELA, 1993; Arregui, P., 1988; BID, 1988; Cook, C. y Sagasti, F., 1987; Teitel, S., 1985; Sercovich, F.C., y Teitel, S., 1984). Un grupo de países se encuentra en una posición relativamente avanzada: Argentina, Brasil, Chile, México y Venezuela. Un segundo grupo ya cuenta con capacidades nacionales significativas y un aparato institucional específico para avanzar en C&T: Colombia, Costa Rica, Uruguay y el conjunto de países del Caribe de habla inglesa. Los indicadores de los demás países de la región revelan, por lo general, una situación de bastante debilidad y, en algunos casos, la ausencia completa de políticas e instituciones dedicadas al desarrollo nacional en este campo. Los diferentes grados de capacidad endógena para solamente plantear y preparar programas adecuados de C&T es una de las razones por las cuales ha ocurrido la concentración del financiamiento del BID.

No obstante los esfuerzos positivos antes rela-

tados hay una brecha muy grande en este campo entre todos los países de la región y los desarrollados, incluyendo en éstos a los de reciente industrialización. Tomando como indicador de **generación de tecnologías** el número de patentes aprobadas anualmente, tres países de la región (México, Brasil y Argentina) otorgaron entre 3.160 y 663 en 1992. Los tres países siguientes (Venezuela, Chile y Colombia) concedieron entre 481 y 248 patentes. En cambio, Holanda, Suiza y Taiwán otorgaron, cada uno, del orden de 20.000 patentes en el mismo año (International Institute for Management Development, 1994).

Todos los demás indicadores disponibles de insumos y resultados revelan también diferencias muy significativas entre los países más avanzados en ciencia y tecnología y los de América Latina y el Caribe. Entre los 43 países cuya competitividad es evaluada por *The World Competitiveness Report, 1994*; incluyendo a seis de la región (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Venezuela), los aspectos peor evaluados de la competitividad de la región son los relativos a ciencia y tecnología: el país con mejores índices de América Latina ocupaba, respectivamente, la posición 20 en número de patentes, el lugar 23 en personal de I&D por 1000 de fuerza laboral, la posición 26 en productividad por persona empleada, y la posición 28 en gasto en I&D como proporción del Producto Nacional Bruto (PNB). Los seis países latinoamericanos más avanzados están generalmente en el tercio más bajo, en C&T pertinente a la competitividad, de los 43 países evaluados. (Programa MERCOCYT, 1995, con base en datos de *The World Competitiveness Report, 1994*).

En el caso de la producción científica suele emplearse como indicador el número de artículos publicados en las 3.300 revistas de alta calidad de todo el mundo incluidas en la base de datos *Science Citation Index (SCI)* de Filadelfia (lo cual puede contener un sesgo importante en contra de los países en desarrollo). Resulta significativo comparar los últimos datos disponibles (1994) de la región con los de algunos países relativamente

pequeños. Los científicos de Suiza, así como los de Israel y los de Bélgica, publican más que la suma de los de Brasil y México. Los científicos de Holanda, y también los de Suecia, publican más artículos que la totalidad de los de América Latina y el Caribe (Gibbs, W., W., 1995).

Es conocido que existe una correlación bastante estrecha en todo el mundo entre producción científica y producto interno bruto (PNB) por persona. La sola existencia de la correlación no es prueba de una relación de causalidad, y no es claro a primera vista si la capacidad científica genera o es efecto del crecimiento económico, o si ambos son consecuencia de algún otro factor o combinación de factores. Sin embargo, la sola observación de la alta dependencia que tienen los procesos de producción contemporáneos, y la sociedad en general, de los conocimientos científicos, sugiere que **la capacidad en este campo es una infraestructura necesaria y un factor contribuyente del desarrollo**, que a su vez se amplía y fortalece con ese desarrollo en un proceso de retroalimentaciones sucesivas.

La experiencia histórica de Europa y Estados Unidos es ciertamente congruente con la anterior hipótesis (ver, entre otros, Rosenberg N. y Birdzell, L.E., 1986; Kennedy, D., 1986; Diebold, J., 1991; Nelson, R.R. y Rosenberg, N., 1993; Rosenberg, N., 1994). **Lo mismo se aplica a otras naciones que por comparación a Estados Unidos y Europa, han enfatizado más el desarrollo tecnológico que el científico, aunque también han invertido en éste mucho más que América Latina.** Hace treinta años la producción científica de los países del este de Asia, con excepción de Japón, era inferior a la de algunos países de América Latina. Actualmente, la de Taiwán es mayor que la de Brasil; la de Corea del Sur es mayor que las de Argentina y México; la de Hong Kong e incluso la

de Singapur (con menos de seis y tres millones de habitantes, respectivamente), superan a las de Chile, Venezuela, Colombia y cualquiera de los demás países de la región, excepto los tres mayores. Las comparaciones son, desde luego, mucho más desfavorables para América Latina respecto a Japón, cuya producción científica total ya superó a las de Gran Bretaña, Alemania y Francia, y es sólo menor que la de Estados Unidos (Gibbs, W., W., 1995).

G. Conclusión

Lo que se sabe hasta el presente, resumido en las páginas anteriores, permite afirmar que **el BID ha hecho una contribución significativa**, en sus 36 años de operaciones, al desarrollo científico y tecnológico de América Latina y el Caribe. Sin embargo, **el esfuerzo de los países en este campo ha sido muy modesto** y debería aumentarse sustancialmente en el futuro. **La política vigente OP-744 parece tener varias limitaciones importantes** en el nuevo contexto de la región. Si bien esa política amplía **no prohíbe algunos objetivos** relevantes para el futuro próximo de los países, **tampoco orienta la acción hacia los mismos**. Adicionalmente, la política: a) no menciona las **diferentes circunstancias** que existen dentro de la región ni los diferentes enfoques que, por ello, pueden requerirse en unos y otros casos; b) está más centrada en la **generación** del conocimiento que en su **difusión y utilización**; y c) no hace referencia a la **naturaleza sistémica** de la capacidad nacional en C&T ni a la importancia de mejorar las interrelaciones entre los distintos elementos que la componen. Por tales motivos se necesita, cuando menos, una estrategia que complemente la política OP-744 y oriente más específicamente el rumbo de las futuras operaciones del Banco.

- II -

Las interfaces de la ciencia y la tecnología

El cuerpo organizado de conocimientos que permite comprender las causas de los fenómenos verificables (ciencia) y las aplicaciones del conocimiento a la producción de bienes y servicios (tecnología) permean ahora todos los sectores y actividades de la sociedad. Existen así numerosas zonas de traslape entre el ámbito propio de la ciencia y la tecnología y los de diferentes aspectos del desarrollo económico y social de cualquier país. En este capítulo se examinan las interfaces ("zona de comunicación o acción de un sistema sobre otro"; Diccionario de la Real Academia Española, 1995), que tienen más relevancia para una política de ciencia y tecnología de los países de América Latina y el Caribe.

A.

El desafío del crecimiento y la competitividad

A mediados de la última década del siglo XX *la globalización económica y la revolución tecnológica mundial*, particularmente en los campos de la información y las comunicaciones, son datos de la realidad que caracterizan a nuestra época y que, durante el futuro previsible, definirán el contexto en que habrán de desempeñarse los países de la región. Sus estructuras productivas se verán crecientemente integradas a espacios económicos amplios donde las empresas venden sus productos en diferentes mercados y se abastecen de componentes y factores productivos provenientes también de muy diversos lugares. En dichos mercados, las empresas tecnológicamente incompetentes no podrán competir comercialmente con bienes y servicios de alto valor agregado. Como, además, las tecnologías se crean y se modifican ahora con gran velocidad, el dominio del cambio tecnológico será un ingrediente esencial del éxito económico de los países en el contexto globalizado. La transformación tecnológica en el Siglo XXI afectará

profundamente no sólo el crecimiento económico, sino los servicios sociales, las actividades del Estado y de la sociedad civil, la protección del ambiente y el nivel general de satisfacción de necesidades de la población en todas las naciones.

Como ejemplo del *impacto del cambio tecnológico sobre el crecimiento económico* vale la pena mencionar los estudios que se han realizado en Estados Unidos sobre esa relación, comenzando con los trabajos de Abramovitz, M. (1956) y Solow, R. (1957) que atribuían la mayor parte del crecimiento observado en ese país, durante la primera mitad del siglo, a un "residuo" no explicado por el crecimiento de los factores de producción, que ellos identificaron con el progreso técnico. Desde entonces se han realizado numerosos estudios empíricos que relacionan directamente el desarrollo tecnológico con aumentos del producto y la productividad, y miden las tasas de rendimiento de la I&D en diversos períodos, empresas, ramos industriales, sectores y países. A dicho esfuerzo han contribuido, entre otros, Denison, Evenson, Griliches, Kendrick, Link, Minasian, Nadiri, Peterson, Ruttan, Scherer, Terleckyj y, sobre todo, el Profesor E. Mansfield y sus estudiantes de la Universidad de Pennsylvania. Según Mansfield, las tasas de rentabilidad privada de la I&D en los casos estudiados son frecuentemente del orden de 25% y las de rentabilidad social (que incluyen beneficios no apropiables por quien realiza la I&D), a menudo exceden el 50%. En una revisión de trabajos realizados en un lapso de 30 años, concluye que el nivel de I&D está estrechamente relacionado con la tasa de crecimiento de la productividad, que la tasa de rendimiento de la inversión en I&D es alta y que "es notable que tantos estudios independientes, basados en tantos tipos de datos, resulten en un conjunto tan coheren-

te de conclusiones" (Mansfield, E., 1986).

Lo dicho anteriormente sugiere que el gran desafío para la estrategia del BID en este campo es *ayudarle a los países prestatarios a incrementar su capacidad tecnológica, con todo lo que esto supone de competencia científica*. Este propósito general, entendido en función del desarrollo económico y social de largo plazo de los países en un marco de cada vez mayor globalización, es enteramente congruente con los principales mandatos al BID para los próximos años. Por ejemplo, en el numeral 14 del *Plan de Acción de la Cumbre de las Américas* celebrada en Miami en diciembre de 1994, los gobernantes del hemisferio se refieren a una serie de necesidades en ciencia y tecnología; el Apéndice del mismo documento específicamente "insta" al Banco a cooperar en este campo. La Reunión Hemisférica de Ministros Responsables de Ciencia y Tecnología, celebrada en marzo de 1996 por mandato de la Cumbre de las Américas, emitió la Declaración de Cartagena, que reiteradamente se refiere al financiamiento del BID y a la necesidad de que el Banco incremente su apoyo a los países en este campo. *El Informe sobre el Octavo Aumento General de los Recursos del BID* se refiere expresamente al cambio tecnológico como factor de competitividad internacional (1.16, 1.27, 1.29) y de modernización de las estructuras de producción (2.35, especialmente b), c) y f). Dicho documento afirma que el Banco apoyará, con asistencia técnica y préstamos, las iniciativas de sus países prestatarios "a fin de impulsar el desarrollo tecnológico de la región" (2.35 b).

El nivel de esfuerzo en C&T de los países de América Latina y el Caribe ha sido apreciablemente menor que el de su participación en la economía mundial. Mientras el Producto Nacional Bruto (PNB) de los países de la región representa alrededor del 6% de la producción económica mundial, su inversión en I&D es menor que el 2% del total. Algunos países han sido capaces de llegar a niveles considerables de complejidad en sus industrias y exportar productos con alto valor agregado. Sin embargo, han logrado poco desarrollo en la producción científica y aún

menos en la generación de tecnología. Un país como el Brasil, que tiene la décima economía del mundo en tamaño, no invierte más del 0,7% de su PNB en I&D (comparado con 1,0% a 2,3% en países recientemente industrializados), sólo produce el 0,646% de los artículos publicados en revistas científicas de alta calidad (Israel, con cuatro millones de habitantes produce el 1,074%) y menos de la octava parte de las patentes de Taiwán (los indicadores de C&T citados provienen de Gibbs, W . , W . , 1 9 9 5 ; C Y - TED/RICYT/OEA/MERCOCYT, 1996; International Institute for Management Development, 1994). Los bajos niveles de inversión y eficacia en C&T repercutirán negativamente sobre el futuro de la región. Es claro, por tanto, que *se debe realizar en este campo un gran esfuerzo para elevar la inversión de recursos y la eficiencia con que los mismos se utilizan*.

B.

El sistema nacional de innovación

Para adquirir y mantener capacidad tecnológica, cualquier país necesita ahora contar con un sistema institucional que incluye universidades, centros de I&D de empresas, agencias de información y extensión, entidades de financiamiento, normalización y control de calidad, firmas consultoras, laboratorios de servicios técnicos, agencias gubernamentales de regulación y otras instituciones que interactúan en un amplio rango de actividades que van desde la concepción de una idea hasta su uso generalizado en la sociedad. Si ese sistema no existe o es demasiado débil el país no es capaz de seleccionar, absorber y manejar adecuadamente la tecnología extranjera, ni mucho menos de realizar esfuerzos propios de adaptación o generación tecnológica. La debilidad de dichas entidades y sus interacciones, o lo que se ha dado en llamar el *sistema nacional de innovación* (SNI), explica en gran parte por qué la región de América Latina y el Caribe no ha alcanzado todavía un grado suficiente de endogenización del cambio tecnológico.

Por lo recién indicado, *el núcleo esencial de cualquier estrategia eficaz será el fortalecimiento de*

competencias sistémicas. Esto se refiere no sólo ni principalmente a las actividades del sector público sino, más bien, a la cooperación de éste con todos los demás sectores para desencadenar y apoyar las fuerzas creativas de la sociedad, generando un ambiente general que posibilite y propicie la innovación.

C.

Las funciones del Estado en ciencia y tecnología

El Estado es actor y parte inevitable del panorama de la ciencia y la tecnología: fija políticas, financia una gran parte de las actividades en este campo y, en menor medida, también las ejecuta. El desafío no es eliminar esa presencia sino dosificarla en cada uno de esos aspectos de modo que se capitalice lo que tiene de mejor y se limiten sus debilidades.

Solamente el Estado tiene la legitimidad necesaria para determinar las políticas nacionales; y la falta de políticas explícitas en este campo lleva con frecuencia a un casuismo ineficiente y poco racional que ignora el interés colectivo. El marco regulatorio general de cada país y el conjunto de las políticas públicas tienen una fuerte incidencia en las interacciones del SNI y, por tanto, en la creación y el mantenimiento de un ambiente propicio a la innovación; volveremos a este asunto posteriormente, en la sección referente a la orquestación del sistema. *El Estado es una fuente importante de recursos* para la C&T tanto en las naciones ricas como en las pobres y, en estas últimas, su participación es muy mayoritaria por algún tiempo debido a las conocidas dificultades en lograr que las empresas inviertan en este campo. *El Estado suele ser también un ejecutor directo* de este tipo de actividades en prácticamente todos los países, aunque éste es un aspecto donde hay más posibilidades de utilizar mecanismos alternativos. Como regla general, se acepta en todo el mundo que *el Estado debe financiar, aunque no necesariamente ejecutar, actividades científicas y tecnológicas.*

La necesidad fundamental del financiamiento del

Estado en economías donde la acción de éste es muy restringida, se ubica en el ámbito de las *fallas del mercado*, que necesariamente ocasionan una asignación insuficiente de recursos a diversos tipos de actividad científica y tecnológica. (Ver, por ejemplo, los conocidos trabajos sobre este tema de Arrow, K., 1962, y Brooks, H., 1986). Se trata, a veces, de la producción de *bienes públicos puros*, como el conocimiento básico que no es directa e inmediatamente útil a las actividades socioeconómicas pero resulta imprescindible para la construcción científica que luego genera nuevas aplicaciones. A veces se trata de *bienes mixtos*; es decir, bienes con componentes de interés público que por sí mismos justifican la acción del Estado y componentes de interés privado que pueden beneficiarse de la inversión pública. La I&D privada frecuentemente genera *externalidades*, es decir, beneficios a la sociedad o a terceros que son inapropiables por quien realiza el esfuerzo e incurre en los costos y riesgos de los proyectos de I&D. En tales ocasiones la rentabilidad social de dichos proyectos es superior a la rentabilidad privada de quienes toman las decisiones. Hay otras razones prácticas que hacen que el mercado frecuentemente falle en la asignación de recursos para este tipo de actividades, referentes a las *dimensiones, plazos* de maduración y *riesgos* excesivos de las mismas y a imperfecciones del mercado financiero que serán discutidas posteriormente.

La presencia del Estado en el financiamiento de la C&T es fuerte incluso en los países que más confían en el funcionamiento de los mercados. Considérese el caso del país desarrollado menos proclive ideológicamente a las intervenciones gubernamentales en el mercado. En Estados Unidos, la investigación agrícola que produjo grandes elevaciones de la productividad ha sido financiada principalmente, y en gran medida realizada durante más de un siglo, por el sector público. En el sector industrial, actualmente hay no menos de 12 agencias federales distribuyendo subsidios para I&D de empresas privadas. Ejemplos: a) el *Small Business Innovation Research Program* de subsidios para I&D de empresas con 500 empleados o menos; b) el *Advanced Technology Program* para el desarro-

llo de tecnologías genéricas civiles; c) el *Independent R&D Program* para reforzar la capacidad de I&D de proveedores estratégicos; d) el *Technology Reinvestment Project* para el desarrollo de tecnologías de uso dual. Los programas de I&D de defensa, energía y exploración del espacio han tenido en el pasado numerosos usos duales. Ejemplos: las innovaciones radicales del radar, los primeros reactores atómicos, algunos materiales especiales para construcción de aviones, la primera computadora electrónica (ENIAC) y los satélites fueron desarrollados con recursos federales, pero le dieron una enorme ventaja competitiva a las compañías privadas norteamericanas. Todo esto, por supuesto, existe además de la investigación orientada a la generación del conocimiento básico, que financia la Fundación Nacional de Ciencias y la biomédica, que realizan y financian los Institutos Nacionales de Salud. En conjunto, el sector público gasta en I&D alrededor del 1,5% del PNB de los Estados Unidos y el sector privado otro 1,4% del PNB (Branscomb, L., 1995; Fusfeld, H., 1994; Mowery, D. y Rosenberg, N. 1993).

Es importante distinguir entre políticas industriales "tradicionales" y las "imparciales". Parecen haber caído en desuso las políticas industriales tradicionales que preseleccionan a determinadas industrias para la concentración de esfuerzos nacionales y orquestan una colaboración de largo plazo entre el Estado y el sector privado para convertir a esas industrias (p. ej. automotriz, electrónica), e incluso a algunas firmas específicas de las mismas, en "ganadoras" de la competencia en el mercado (*picking winners*). No hay duda de que algunos países hicieron justamente eso por períodos prolongados, otorgándoles a sus empresas subsidios de I&D, créditos preferenciales, suministros exclusivos a los gobiernos y una serie de protecciones, abiertas y sutiles, del mercado doméstico frente a la competencia extranjera (Odagiri, H., y Goto, A., 1993; Kim, L., 1993; Frischtak, C., 1992). El desarrollo del modelo de aviones *Airbus* en Europa y el *Programa Sematech* para reforzar la posición competitiva de la industria de semiconductores norteamericana parecen ser casos recientes excepcionales de política industrial

tradicional. Sin embargo, *no se debe confundir ese tipo de políticas con el fomento y el apoyo gubernamental más o menos imparcial o neutro a la innovación tecnológica.* En el primer caso se apoyan *todas las actividades de determinadas firmas* o industrias para que resulten ganadoras; en el segundo se estimula *un tipo de comportamiento en todas las ramas* de la producción.

Además del papel indiscutido del Estado en la ciencia básica, hay ejemplos de apoyo y financiamiento directo de los gobiernos a la innovación tecnológica privada en Alemania (Keck, O., 1993), Canadá (Mullin, J., 1995), Dinamarca (OECD, 1995), Francia (Chesnais, F., 1993), Gran Bretaña (Walker, W., 1993), Japón (Odagiri, H., y Goto, A., 1993) y otras naciones como Australia, Corea, España, Italia, Israel, Suecia y Taiwán. Las razones que aducen los gobiernos para justificar su propio financiamiento de la I&D nacional, que fueron sintetizadas anteriormente con referencia a las fallas del mercado, no son menos aplicables en América Latina y el Caribe. En esta materia *la región puede aprender bastante de la historia y los datos reales de los países desarrollados, así como de los países recientemente industrializados.*

Un trabajo reciente de la perspectiva estructuralista que ha surgido en Israel (Teubal, M., 1995), inspirada en la experiencia de ese país, sugiere algunas pistas especialmente pertinentes para América Latina y el Caribe. En países donde *nunca ha existido un mercado* de servicios técnicos y financieros para la innovación tecnológica *no se puede "dejar al mercado"* el desarrollo de los mismos, porque no existe la capacidad tecnogerencial necesaria para que eso ocurra. Compete al Estado cooperar con el sector privado en la misma creación de la oferta y la demanda de ese mercado y ello implica un proceso de aprendizaje de la sociedad donde la política pública tiene una función catalítica. La negación de esta necesidad constituye una trampa ideológica que paraliza a los países subdesarrollados, les postra ante el exterior y mantiene deprimido su nivel de gastos privados de I&D.

Por el lado positivo, la transformación del empresariado que está ocurriendo en la región y el correspondiente incremento de capacidades de gestión, son elementos del entorno que favorecen el aumento de la I&D de las empresas (Waissbluth, M.; Testart, E., y Buitelaar, R., 1992) y potencian la eficacia de la acción del Estado. Esta acción no es propiamente "hacer" en este campo, en el sentido de realizar las actividades científicas y tecnológicas, sino más bien *orientar, apoyar y financiar dichas actividades*.

D.

La relación de C&T con las empresas

Las unidades de producción de bienes y servicios; es decir, las empresas, deberían ser los actores principales del proceso de innovación tecnológica. Cuando las innovaciones sean generadas por otras instituciones, deben llegar a las empresas y ser adoptadas por ellas, o poco se consigue como resultado. Se sabe que el proceso es tortuoso, lento y difícil, y que una gran parte de los esfuerzos de innovación no tiene éxito; por ejemplo, por cada droga que llega a producirse comercialmente las empresas farmacéuticas ensayan muchos miles de alternativas. Sin embargo, lo poco que supera todas las barreras antes de convertirse en producción real justifica holgadamente el esfuerzo y todos los gastos que hacen en I&D los países desarrollados. En la región hay también buenos ejemplos de esto. Para mencionar un caso, los aumentos anuales de producción resultantes de las nuevas variedades de soya que generó la Universidad de Viçosa en Brasil probablemente superan la suma de los presupuestos totales de la institución desde el día de su fundación, hace cerca de medio siglo.

En concordancia con cambios conceptuales recientes en la literatura sobre innovación tecnológica (Nelson R., y Rosenberg, N., 1993) es necesario desenfatar en este concepto la connotación que tiene de invención mundial pionera y poner el acento en la *"introducción de productos y procesos que son nuevos para la empresa"*. Es este tipo de innovación tecnológica, mucho más que la

invención mundial o innovación radical (Diebold, J., 1991), lo que imprime dinamismo y eleva la productividad del grueso de las empresas de un país. Esto se refiere también a las denominadas tecnologías "blandas", como las de calidad total, reingeniería de procesos, mercadeo, control de gestión, e incluso otras más simples, que puedan resultar novedosas y productivas para cierto tipo de empresas.

Un gran número de unidades productoras de bienes y servicios en la región son *empresas de muy pequeña dimensión (microempresas y PYMES)* que operan, por lo general, con tecnologías primitivas de baja productividad. Sin pretender resolver de antemano algo que merece bastante estudio y reflexión (ver, por ejemplo, David, P., 1986), es claro que resulta necesario darle *más atención a los mecanismos de difusión de tecnologías existentes*, tales como los sistemas de información, adiestramiento de personal, consultoría y asistencia técnica, centros tecnológicos sectoriales, incorporación de profesionales jóvenes a las empresas, ingeniería reversa, subcontratación y formación de núcleos (*clusters*) de empresas en cadenas de valor, adquisición de licencias y patentes, formas de vinculación con empresas multinacionales (alianzas estratégicas, emprendimientos conjuntos, relaciones con suministradores y clientes), esfuerzos de adaptación de tecnología foránea y toda la infraestructura de apoyo tecnológico (Dahlman, C., 1995).

Como veremos posteriormente, la difusión indiscriminada de tecnologías no adaptadas puede agravar problemas sociales de los países en desarrollo. La experiencia de algunas naciones que han tenido éxito en la difusión tecnológica entre pequeñas empresas, como Israel y Taiwán, parece indicar que *el proceso de selección y utilización eficiente de tecnologías extranjeras exige bastante capacidad de adaptación propia* y que se necesitan esfuerzos continuos de I&D para mantener la competitividad. En otros contextos se ha comprobado empíricamente que las empresas y los países que hacen más I&D pueden utilizar con mayor rapidez y eficiencia la tecnología generada

por otros, lo cual sugiere que la capacidad de identificar, imitar y adaptar nuevas tecnologías no ha sido un mero subproducto de dicha actividad sino uno de sus propósitos (Mansfield, E., 1986). Adicionalmente, la relación costo/beneficio de la difusión tecnológica varía según la capacidad de

En los países desarrollados, el porcentaje de la inversión nacional en I&D que es financiado por las propias empresas frecuentemente excede el 50% (Nelson, R. R., Ed., 1993). Así, esa proporción es de 78% en el Japón, 64% en Alemania, 61% en Suecia y 55% en Canadá, con niveles algo menores que el 50% en los países con grandes gastos de I&D militar, como Estados Unidos, el Reino Unido, Francia e Israel. En Corea, esa misma proporción se elevó de 32% en 1971 a 80% en 1987, mientras la economía crecía con gran rapidez y la razón de gastos en I&D a PNB ascendía de aproximadamente 0,3% a cerca del 2% en el mismo período (Kim, L., 1993). Algo similar ocurrió en otros países del este asiático (Chamarik, S., y Goonilake, S., 1994), especialmente en Taiwán (Hou, Ch. M. y Gee, S., 1993). En todos los países recién mencionados el total de gastos de I&D se ubica entre el 1,5% y el 3% del PNB.

Uno de los problemas actuales de mayor significación es el muy bajo nivel de esfuerzo de I&D de las empresas de América Latina y el Caribe. Ningún país de la región llega a invertir en I&D el 1% de su PNB y en ningún caso la proporción de la I&D financiada por el sector privado excede del 20% (CYTED/ RICYT/OEA/ MERCOCYT, 1995). De esa manera no se puede competir en los mercados mundiales con bienes y servicios de alto valor agregado. Una de las grandes lecciones de la experiencia mundial en este campo es que la I&D pública puede apoyar, pero no sustituir el esfuerzo de las propias empresas productivas, particularmente en el sector industrial (Fusfeld, H., 1994).

La pregunta de *por qué el esfuerzo privado de I&D ha sido tan bajo en la región* es una cuestión fundamental. La respuesta parece ser una combinación de diversos factores: *falta de incentivos* para

absorción del contexto al que se transfiere la tecnología (Trindade, S., 1980), y dicha capacidad depende, a su vez, de los niveles de educación y de I&D.

innovar en mercados sobreprotegidos donde no hay competencia y tipo de *cultura empresarial* que eso engendra; legislación obsoleta sobre *propiedad intelectual* (patentes, marcas, derechos de autor, etc.) y defectuosos procesos de registro y administración de la misma; factores que afectan el nivel de inversión y el ambiente económico general de un país, como son las *políticas inflacionarias* y la *inestabilidad política*. Dichas situaciones, sin embargo, tienen menos vigencia en el contexto actual de América Latina y el Caribe. Lo que parece subsistir es el hecho antes mencionado de que las economías de la región no han pasado aún por un proceso vigoroso de aprendizaje de la I&D y *no existen mercados de servicios técnicos y financieros para la innovación.*

E.

La interfaz entre la ciencia y la tecnología

Desde un punto de vista conceptual la ciencia suministra a la tecnología los esquemas de comprensión del mundo real y la tecnología pone al servicio de la humanidad los avances de la ciencia. Son, por tanto, estrictamente complementarias. Sin embargo, en el proceso de maduración institucional del aparato de C&T en la región, particularmente en las universidades, ha existido una tendencia a confundir los ámbitos, utilizando en la gestación de la tecnología las mismas reglas que son adecuadas para el trabajo científico y sus mismos paradigmas. Cuando esto ocurre, *la ciencia puede llegar a atrapar la tecnología* más bien que a potenciarla.

Es propio de la ciencia producir trabajos escritos, libremente divulgados y predominantemente orientados a científicos con perfiles semejantes a los de los autores de los mismos. *El desarrollo de la tecnología puede pasar por etapas escritas, pero lo que fundamentalmente interesa es el*

resultado productivo; es decir, la planta sembrada y cosechada en los campos más que el artículo publicado sobre sus nuevas variedades. Los destinatarios de la tecnología no son generalmente científicos, sino agentes económicos que deben tomar decisiones sobre la producción de bienes y servicios y lo harán con criterios comerciales o, en el caso de algunas tecnologías de aplicación social, con criterios de eficacia pragmática. En el mundo real en que habita la tecnología los resultados se patentan más que se publican; los inventos no sólo se escriben, sino se venden, compran y utilizan comercialmente.

Existen pues **ámbitos relacionados pero distintos entre la ciencia y la tecnología**. La absorción, generación y transmisión del conocimiento científico en la región se encuentran bastante concentradas en las instituciones de educación superior, sus actividades se realizan con **distintos ritmos** y responden a **motivaciones generalmente diferentes** de las del mundo de la producción de bienes y servicios (Castro, C. M., 1986). Es importante respetar las especificidades de uno y otro y evitar la falta de eficacia que se deriva de confundir los roles. Por ejemplo: el mundo académico no es normalmente adecuado para generar un flujo continuo de pequeñas innovaciones tecnológicas de tipo incremental; esto es algo que pueden hacer bastante mejor las propias unidades productivas que utilizan la tecnología. Por esta razón, algunos países de la región (p. ej. Argentina, Brasil, Chile) han creado **instrumentos institucionales y financieros específicos** para promover el desarrollo tecnológico (FONTAR, FINEP/ADTEN, FONTEC) separados de los antiguos consejos nacionales de C&T, que tradicionalmente han estado más ligados a los académicos y a las universidades que a las empresas.

Generalmente se ha considerado que la ciencia antecede a la tecnología, según un modelo lineal en que la investigación básica genera nuevos conocimientos científicos, la investigación aplicada transforma esos conocimientos en nuevos productos y procesos en laboratorio, y el desarrollo experimental continúa el esfuerzo hasta el nivel de

diseños y procedimientos listos para la producción en determinados contextos económicos. Probablemente ese modelo surgió de algunas experiencias históricas notables. Por ejemplo, las leyes básicas del electromagnetismo se descubrieron (1831-1873) con bastante anticipación a las primeras aplicaciones comercialmente significativas de la electricidad (1876-1900); la física nuclear se encontraba ya bastante elaborada (1911-1932) cuando se construyó el primer reactor (1942); y el descubrimiento (1953) de la estructura molecular del ácido desoxirribonucleico (ADN) dio origen a una nueva disciplina científica (biología molecular) con veinte años de anticipación a las primeras expresiones (1973) de la tecnología del ADN recombinante (ingeniería genética).

No obstante lo anterior, también ha ocurrido históricamente que la tecnología antecede a la ciencia que la explica. Por ejemplo, la termodinámica surgió después de (y en gran medida para explicar) la máquina de vapor; la aerodinámica se desarrolló principalmente después de la invención del avión y la física del estado sólido cobró gran impulso después del primer transistor, todo lo cual contribuyó al perfeccionamiento posterior de las respectivas tecnologías. Sucede, además, que el desarrollo tecnológico genera instrumentos, como microscopios, telescopios, osciloscopios, computadoras y aparatos de resonancia magnética, que luego se utilizan en la investigación y el avance del conocimiento en un proceso continuo de retroalimentación entre la ciencia y la tecnología que hace cada vez más difusas las fronteras entre distintas disciplinas y entre diferentes caracterizaciones de la I&D.

Un ejemplo notable de interdependencia entre ciencia y tecnología lo constituye el láser (*light amplification by stimulated emission of radiation*). La posibilidad teórica de lograr lo que hace este aparato había sido prevista claramente por Einstein, pero la comprobación empírica de la predicción no se hizo sino en 1960. La fabricación de los primeros láser al comienzo de esa década condujo a la tecnología de las fibras ópticas como medio de transmisión en la década siguiente y a

una sustancial ampliación de la física óptica desde entonces, en interacción con el desarrollo paralelo de innumerables y a veces insospechadas aplicaciones en telecomunicaciones, medicina clínica y quirúrgica, sonido estereofónico, medición precisa, defensa y otros campos que podrían incluir, en el futuro, la construcción de la supervía de información y del computador fotónico, con una potencia de éste muchas veces mayor que las de las supercomputadoras actuales.

En contraste con las interpretaciones lineales, se han elaborado modelos que explican la relación entre el desarrollo de la ciencia y de la tecnología en términos de *actividades paralelas pero fuertemente interdependientes e interactuantes en todas sus etapas* (Kline, S.J. y Rosenberg, N., 1986). Dichas actividades incrementan el acervo de conocimientos, por un lado, y generan nuevos productos y procesos, o nuevos diseños de los mismos, por otra parte. Según estos nuevos modelos, un descubrimiento científico puede afectar cualquier etapa del proceso de innovación tecnológica, desde la concepción misma de lo que es posible producir hasta los pequeños pero significativos detalles de un diseño final que le dan ventaja comparativa a determinado producto en un mercado. De similar manera, cualquier fase de la innovación tecnológica puede requerir el auxilio de la infraestructura científica, en forma de consultas especializadas al acervo de conocimientos o de generación de nuevos saberes cuando los que existen no son adecuados para resolver el problema pertinente. Lo anterior quiere decir que *el proceso de innovación no es lineal y se parece más a una telaraña que a una cadena*. (Holm-Nielsen, L.; Saliba, A.; Crawford, M., 1995).

A la luz de las anteriores consideraciones se aprecian *dos fallas fundamentales* de muchas instituciones universitarias en la región: (a) no han servido eficazmente de acervo de conocimientos e infraestructura de apoyo para todo el proceso de innovación; y (b) no han formado el tipo de personas que son indispensables para que ese proceso ocurra. En numerosos casos el problema era que no tenían capacidad para ninguna de esas cosas; en

otras ocasiones, no se ubicaron en el entramado de interacciones de la innovación, buscando más bien ser la parte delantera de una cadena que jalaría al aparato productivo en la forma supuesta por las interpretaciones lineales de la relación entre ciencia y tecnología. Tampoco las empresas demandaron mucho de las universidades, ni los gobiernos desempeñaron un rol activo para propiciar la innovación.

Una visión de conjunto sobre la C&T en la región parece confirmar lo que muchos han observado. América Latina y el Caribe se encuentran muy atrás de los países desarrollados y los de reciente industrialización, pero en los países más avanzados de la región *el crecimiento y la maduración de la ciencia han sido algo más significativos que los logros en el campo de la tecnología*. En algunos países se establecieron grupos científicos razonablemente productivos y se crearon también masas críticas en ciertas áreas de especial interés nacional o local. Los resultados tecnológicos no revelan, por lo general, el mismo grado de avance y madurez. Sin embargo, no se debe confundir resultados modestos con resultados nulos; hay un buen número de casos de desarrollo tecnológico exitoso en la región (ver, por ejemplo, los casos de cien empresas innovadoras estudiadas por Waissbluth, M.; Testart, E.; y Buitelaar, R., 1992) y todo indica que políticas acertadas en este campo podrían tener una influencia decisiva. *En términos absolutos, la región necesita aumentar bastante su esfuerzo tanto de ciencia como de tecnología; pero en términos relativos más en tecnología que en ciencia*.

F.

La relación de C&T con la educación

Existen zonas de coincidencia importantes entre los sistemas nacionales de C&T y los de educación superior, pero ambos tienen *problemáticas propias que es preciso no confundir* pues sus soluciones pueden ubicarse en ámbitos institucionales distintos y exigir diferentes tipos de políticas. Específicamente, los problemas de gobernabilidad de las instituciones de educación superior, así como los

cuestionamientos sobre la equidad social de los subsidios a los estudiantes universitarios no son propiamente problemas de ciencia y tecnología y no tiene sentido detener el desarrollo de la sociedad en este último ámbito porque no se hayan resuelto los problemas políticos del primero.

No obstante lo anterior, ***la calidad de la educación en todos los niveles parece ser uno de los requisitos más fundamentales del desarrollo científico y tecnológico de cualquier país.*** (Eisemon, T.O. and Holm-Nielsen, L., 1995; Corona, L., 1994; Bailey, T. y Eicher, T., 1994; Brunner, J.J., 1990; Schwartzman, S., 1988; Rama, G., 1987; Pettit, J.M., 1986; Kennedy, D., 1986; Vessuri, H. y Díaz E., 1985; Lavados M., J., 1979; Malek, G., 1979).

La educación básica y media de buena calidad hace a la fuerza laboral más adiestrable en técnicas modernas, más productiva, flexible y capaz de utilizar avances tecnológicos en la producción de bienes y servicios. Una amplia literatura (sintetizada en CEPAL-UNESCO, 1992) ha demostrado que "educación y conocimiento" constituyen el "eje de la transformación productiva con equidad". Es decir, el acervo de capital humano es uno de los aspectos más determinantes de la productividad y de las ventajas competitivas de los países (ver, además, Cáceres, L.R., 1994), a la vez que la buena educación para todos tiende a valorizar el trabajo humano y a mejorar la distribución de los ingresos.

La educación superior determina la calidad del recurso fundamental de la I&D y las actividades productivas de alto valor agregado; es decir, los científicos e ingenieros. Además, genera gran parte del conocimiento básico; acumula masas críticas interdisciplinarias de recursos que, típicamente, son las mayores de un país; afecta todo el ambiente en que se realiza la producción científica e incide sobre el desempeño de los otros niveles de la enseñanza. Las universidades pueden jugar directamente un papel importante en el desarrollo tecnológico, como lo hicieron los *Land Grant Colleges* en el sector agrícola de Estados Unidos. La relación directa universidad/empresa (Abeledo,

C., 1990; 1985) y algunas de sus manifestaciones avanzadas, como parques tecnológicos e incubadoras de empresas de base tecnológica, están recibiendo bastante atención en muchos países (NSF, 1995; BID/SECAB/ CINDA, 1990; Waissbluth, M., 1988) e, incluso, en el Banco (Iglesias, E.V., 1995). Todo esto tiene una especial pertinencia para América Latina y el Caribe, donde ***algunas instituciones de educación superior poseen de hecho una proporción alta de toda la capacidad de investigación de los respectivos países.***

G.

Las relaciones de C&T con el empleo y el desarrollo social

Desde 1811, por lo menos, cuando un movimiento de obreros desempleados en Inglaterra denominado "luddista", presumiblemente por el nombre del líder, se dedicó a destruir maquinaria textil, la creencia popular ha identificado al desarrollo tecnológico con la disminución de empleo, lo cual tiene también raíces intelectuales en los escritos de Ricardo y de Marx. Es indiscutible que el ***avance tecnológico ahorra trabajo humano y elimina algunas categorías específicas de ocupación, pero también es verdad que hace surgir nuevas actividades económicas*** con ocupaciones más productivas que antes no existían. Además, cuando la elasticidad de la demanda respecto al precio de un producto es alta, una disminución del trabajo requerido para elaborar una unidad del mismo puede aumentar el volumen total de empleo en esa línea de producción a través de los efectos en los precios y la cantidad total producida, como ocurrió en la fabricación de automóviles después de la introducción de las líneas de ensamblaje fordistas (Rosenberg, N., 1986). Dicho volumen puede, asimismo, incrementarse por aumentos generales del ingreso y de la demanda producidos por el crecimiento económico.

El asunto crucial para una región con abundancia de mano de obra y escasez relativa de capital es si el tipo particular de desarrollo tecnológico que adopta tiende a incrementar o no ***la ocupación total***, y en qué medida. La importación acrítica e

indiscriminada de tecnología extranjera, generada para economías desarrolladas con distintas dotaciones factoriales, puede tener efectos perjudiciales sobre el empleo total de un país en desarrollo (ver, por ejemplo, Sen, A.K., 1972). Diversos trabajos han argumentado que la generación y adaptación de tecnologías para adecuarlas a los insumos, mercados, dimensiones y recursos productivos de los países en desarrollo, así como para resolver sus problemas sociales, *particularmente el desempleo*, son un aspecto esencial del desarrollo tecnológico orientado a la satisfacción de las necesidades básicas de la población (ver, por ejemplo, Ventura A., 1996).

Lo anterior no significa que las llamadas tecnologías adecuadas o "intensivas en empleo" sean siempre las más convenientes para un país con abundancia de mano de obra. Ocurre a veces que el desarrollo tecnológico hace que todas las formas de producir, excepto una o pocas, se conviertan en "tecnológicamente ineficientes", es decir, exijan más recursos de todo tipo para producir la misma cantidad. Lo que se sabe desde hace tiempo es que la capacidad para practicar un alto grado de selectividad en la elección y el uso de tecnologías es una característica que distingue a los países desarrollados de los que no lo son. Esto es pertinente al problema de la desocupación, pues *cuanto mayor sea la capacidad propia de un país para seleccionar, adaptar y generar la tecnología que realmente le conviene, tanto menor será la probabilidad de intensificar sus problemas sociales* por la vía de un mayor desempleo tecnológicamente inducido (Mayorga, R., 1978).

Si bien no existe una relación unívoca entre C&T y empleo, los vínculos de las primeras con otros aspectos del desarrollo social son menos ambiguos. En efecto, *el avance científico y tecnológico suele tener un impacto generalmente beneficioso sobre la satisfacción de las necesidades básicas de la población* de cualquier país. En América Latina y el Caribe, el desarrollo en este campo podría, por ejemplo, abaratar los materiales de construcción de viviendas populares y hacer a éstas más resistentes en las zonas sísmicas; mejorar la educación

temprana de los niños y elevar el aprendizaje en las aulas de la enseñanza básica; aumentar la producción de alimentos y enriquecer los de la dieta popular, como ha ocurrido ya, aunque insuficientemente, en muchos países. La ciencia y la tecnología pueden encontrar métodos adecuados de prevención y tratamiento de enfermedades que prácticamente no existen en los países desarrollados pero que afectan a millones de personas en la región, como ha comenzado a ocurrir mediante trabajos realizados en Colombia, Venezuela y Brasil referentes a la malaria, la lepra, la leishmaniosis y la enfermedad de Chagas, entre otras. Las pruebas de ADN se harán cruciales en la administración de la justicia. No cabe duda que todo esto merece ser apoyado y promovido.

La biotecnología promete transformaciones verdaderamente revolucionarias en el siglo XXI y esto tiene importancia para la región por varios motivos (Bifani, P., 1988). En primer lugar, su impacto sobre los campos de la salud y la nutrición probablemente afectará a todas las personas en lo concerniente al tipo y disponibilidad de alimentos, medicinas y métodos terapéuticos y preventivos, por lo menos. En segundo lugar, no basta con importar la tecnología genérica porque la gama de nichos especializados de producción y mercado es, en este caso, tan amplia y variada como la vida misma; por ello, y por la novedad de los conocimientos y los métodos productivos correspondientes, no ha surgido una estructura productiva mundial con gigantes que acaparen los mercados (la empresa biotecnológica más antigua, *Genentec*, es muchas veces menor que cualquiera de las empresas líderes en informática o microelectrónica). En tercer lugar, la biología es, probablemente, la disciplina científica donde existe más capacidad y experiencia de investigación en América Latina y el Caribe.

Por todo lo anterior, *la biotecnología es enteramente pertinente a los problemas de la región y sus soluciones* y, por primera vez en la historia de la revolución tecnológica mundial, algunos países de América Latina podrían encontrarse no tan atrás de los desarrollados si los primeros hacen suficien-

te esfuerzo e inversión. Esto les daría ventajas para identificar y explotar nichos especializados, también para superar barreras basados en secretos tecnológicos y, en general, para negociar con el exterior (licencias, patentes, etc.) en pie de una mayor igualdad.

La informática es crucial para la modernización del Estado y la elevación de la eficiencia de prácticamente todos los servicios de la administración pública, además de ser una tecnología genérica utilizada en un amplio espectro de procesos productivos. Adicionalmente, el acceso a la información y la capacidad para emplearla en provecho propio es un aspecto de la potenciación (*empowerment*) de los pobres para que ellos mismos logren superar su condición (Ventura, A., 1996). En tal sentido, la informática bien empleada puede y debe contribuir al alivio de la pobreza y al fortalecimiento de la sociedad civil y sus organizaciones.

Con relación, específicamente, al desarrollo social, ***las computadoras están siendo utilizadas crecientemente en la educación*** como apoyo al proceso de aprendizaje e instrumento fundamental para buscar y utilizar información pertinente, así como para comunicarse e interactuar con otros maestros y estudiantes en cualquier lugar del mundo. Hay ejemplos significativos de ello en la región en todos los niveles educativos, incluso en el primario, como es el caso de Costa Rica. Las repercusiones sobre la educación que tendrán la tecnología de "multimedios", Internet y otros aspectos de la revolución informática, son ahora apenas vislumbradas (Stahl, L.G, 1996; Hamm, I., 1996). Hay quienes piensan que los sistemas educativos actuales son fundamentalmente irreformables si no se desarrollan sistemas paralelos que ejerzan sobre los primeros una irresistible influencia transformadora; y que eso, justamente, es lo que puede ahora comenzar a ocurrir (Rada, J.F, 1996) utilizando los nuevos medios tecnológicos.

H. La interfaz internacional

Los dos lados de la interfaz internacional son el proteccionismo y la cooperación. No tiene sentido ahora ningún tipo de autarquía cuando incluso los países de la comunidad europea y las empresas multinacionales gigantes suman sus recursos para colaborar en diversas áreas del desarrollo científico y tecnológico. No se puede, por tanto, imaginar que la región de América Latina y el Caribe, con sus magros recursos, pueda prescindir de la cooperación internacional. Al mismo tiempo, la tecnología es una mercancía que se compra y vende; y sucede que incluso los países que más proclaman el comercio libre se revelan proteccionistas en lo referente a algunas tecnologías de punta. Si bien las tentativas de crear reservas rígidas de mercado han conducido más bien al atraso y la falta de competitividad, la región no debe desconocer la grave desventaja que sus empresas tienen en este campo respecto a las competidoras del mundo desarrollado. El apoyo juicioso del Estado a las empresas del respectivo país es frecuentemente necesario para que éstas puedan desarrollarse tecnológicamente en un tiempo razonable y competir en mercados internacionales con alguna posibilidad de éxito.

La dimensión internacional de la C&T ha sido extraordinariamente potenciada por el desarrollo de las comunicaciones y las tecnologías de la información (Gates, B., 1996; Hafner, K. and Lyon, M., 1996; Vitro, R.A., 1996). La interacción internacional ocurre con menos restricciones en el caso de la ciencia que de la tecnología, por la propia naturaleza de cada una; pero incluso en la segunda se está produciendo un crecimiento explosivo del intercambio asociado a los fenómenos de la globalización económica y las empresas multinacionales. Es difícil enfatizar adecuadamente la importancia que tiene para cualquier país ***estar conectado a tales redes internacionales de interacción***, a riesgo de quedar marginado de la mayor parte del avance científico y tecnológico mundial si se aísla de las mismas.

En la región existen algunos esquemas de cooperación internacional en este campo. El ***Programa***

Bolívar, inspirado en el europeo EUREKA, busca vincular a entidades de países distintos de la región en proyectos conjuntos que introducen o explotan un adelanto tecnológico en la producción de bienes y servicios para el mercado. Una de dichas instituciones, por lo menos, debe ser una empresa, pero la otra puede ser una universidad, favoreciendo así la cooperación internacional entre universidades y empresas. El mecanismo ENLACE del Programa Bolívar es una red de oficinas o "antenas" conectadas en toda la región que identifican y ponen en contacto a los socios potenciales de un proyecto y les prestan servicios para facilitar la concretización y el desarrollo del emprendimiento conjunto. El programa, establecido en 1992, ha despertado bastante interés en la región, y ha promovido el diálogo entre *stakeholders* dentro de los países y a través de sus fronteras. (Programa Bolívar, 1994).

Se han realizado otros esfuerzos loables de cooperación entre países (Waissbluth M., 1996; Martínez Pavez, C., 1996), entre los que se destaca de manera especial el Programa CYTED (Secretaría General del Programa CYTED, 1996) que desde su creación en 1984 ha organizado la más extensa red de vínculos en C&T que hay entre los países iberoamericanos. Actualmente se está preparando un mecanismo innovador, que utilizaría proporciones de algunos financiamientos del BID y del Banco Mundial a los países de la región, para incrementar y financiar de una manera más estable la cooperación en el campo de la investigación agrícola. El esquema se denomina Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, fue acordado en marzo de 1996, y participan 16 países con el apoyo activo del BID.

Los presidentes del hemisferio señalaron en diciembre de 1994 la necesidad de cooperación continental en C&T y los Ministros responsables de C&T ampliaron este tema en la Declaración de Cartagena, de marzo de 1996. Los gobiernos de Centroamérica también se han referido reiteradamente a este asunto (Doryan, E., 1990; Doryan, E. y Alonso, E., 1991). Sin embargo, las realidades de la cooperación en este campo todavía son bastante modestas en la región. Se necesita acordar y llevar

a cabo *una estrategia regional ambiciosa* que contribuya a reducir la brecha entre los países desarrollados y los de América Latina y el Caribe (Mayorga, R., 1989; Martín del Campo, E., 1989; Sagasti, F., 1988; Marcovitch, J., 1988; Herrera, A., 1987) y, también, la brecha dentro de la región. Para todo esto será necesario emplear más los recursos del financiamiento del Banco pero, sobre todo, movilizar más los de otras instituciones y países.

I.

La orquestación del sistema de innovación

En América Latina y el Caribe hay graves problemas de *atomización de capacidad y falta de cooperación entre agentes del desarrollo*: empresas, instituciones de educación superior, investigación y extensión, entidades de servicios científico-técnicos, bancos, agencias de regulación y promoción, etc. Ha existido una tradicional separación entre actividades académicas y productivas que ha debilitado a ambas. Las unidades y proyectos de investigación tienden a ser minúsculos y poco significativos para la actividad económica; generalmente no se obtienen economías de escala ni se atiende en grado suficiente a problemas de falta de masa crítica. Raras veces se coordinan las políticas públicas (ver evolución internacional del concepto de política en este campo, en Urquidí, V., 1988) que afectan al desarrollo científico y tecnológico.

Los dos aspectos del ambiente económico general de un país que parecen tener una incidencia más fundamental sobre la innovación son la existencia de condiciones de competencia y el contacto con el exterior. La experiencia histórica acumulada hasta el presente indica con bastante regularidad que donde no existe el acicate de la competencia (el "pie invisible"; Weiss, Ch., 1992) de otros proveedores, no suele haber estímulos suficientes para elevar la calidad de los productos y la eficiencia con que se producen. Dicho de otra forma, es necesario establecer condiciones económicas generales que obliguen a la competitividad como requisito del éxito e incluso de la sobrevivencia de

las empresas, si bien esto puede hacerse de una manera gradual que evite el trauma del cierre repentino de fábricas y los correspondientes despidos masivos. En un ambiente de competencia se incrementa de forma natural la demanda de todo aquello que eleva la productividad, incluyendo la innovación basada en las aplicaciones del conocimiento y lo que se relaciona con ello, como la actualización del personal de las empresas, la I&D y los servicios científico-técnicos. Por otro lado, la mayor parte del desarrollo científico y tecnológico mundial ocurre fuera de las fronteras de cualquier nación y esto es tanto más así cuanto más pequeño y pobre sea el país en cuestión. Por eso los vínculos con el exterior que se establecen a través de actividades de comercio e inversión, formación y adiestramiento de personal, reuniones y cooperación científica, entre otras, suelen ser la mayor fuente de cambio tecnológico, aunque éste mismo depende de la capacidad de absorción y otras condiciones internas del país.

Algunos aspectos del marco general de regulación de cada país e instrumentos específicos de política económica que deberían examinarse a la luz de sus posibles repercusiones sobre el desarrollo tecnológico son: a) la legislación sobre **propiedad intelectual** (derechos de autor, patentes, marcas registradas, licencias, etc.) y la administración de la misma, que facilitan u obstruyen el flujo internacional de tecnología así como los esfuerzos de I&D de las empresas; b) los **aranceles a la importación**, que pueden ser tanto instrumentos de creación de condiciones de competencia como de protección de empresas locales; c) las **compras del Estado**, que se han utilizado en muchos países como mecanismos para asegurar un mercado local a determinados productos y para crear, por tanto, posibilidades de construir capacidades tecnológicas que de otra manera no tendrían las empresas del país; y d) los **mecanismos financieros**, que se examinan en un capítulo posterior de este documento. Las posibilidades de avanzar en todo el campo de C&T dependen mucho de las **políticas educativas**, como antes se explicó con más detenimiento, y también de aquellas que inciden en la popularización de la ciencia, como pueden ser las

políticas culturales.

Con referencia a los procedimientos para articular mejor el SNI, un trabajo reciente (Trindade, S., 1996) ha insistido en la importancia de promover **diálogos entre agentes del desarrollo o "stakeholders"** en todos los países de la región, como una forma de lograr visiones compartidas del futuro que conduzcan a "misiones" o agendas de acción e inversión consistentes en "un conjunto jerarquizado de objetivos y estrategias para la aplicación de C&T a desafíos específicos de desarrollo". De dichas agendas surgiría una "cartera de proyectos bancables" que podría servir de base para orientar el apoyo del BID y otros organismos de financiamiento y cooperación internacional. Este enfoque se concibe como un complemento de mecanismos de mercado y otros instrumentos de fijación de prioridades nacionales, que contribuiría a gestar consensos sociales de importancia para la eficacia y

continuidad de las políticas en este campo.

Es importante superar las barreras institucionales que impiden una operación más armónica del conjunto; es decir, la orquestación del SNI. La imbricación de las partes en forma que constituyan un tejido orgánico es uno de los aspectos más cruciales de la política de C&T en la región porque la capacidad nacional en este campo no depende de un sólo tipo de factores o instituciones sino resulta, más bien, de la sinergia de los diferentes elementos que la constituyen (Oro, L.A. y Sebastián, J., 1993; CINDA, 1987; Lavados, I., 1987). Esto se ha atendido de manera parcial en el pasado, pero necesita perfeccionarse significativamente en el futuro. Ello requiere, también, que los organismos rectores cuenten con recursos que efectivamente les permitan promover y orquestar el sistema, así como un nuevo tipo de gerencia en este campo tanto de la articulación del conjunto como de la gestión de los subsistemas. Se necesita, en síntesis, un **enfoque sistémico que fortalezca los elementos principales del sistema nacional de innovación de cada país y las interacciones clave entre dichos elementos.**

- III -

Ciencia y tecnología en países pequeños

La amplitud de las cuestiones que se relacionan con una política científica y tecnológica ha llevado a veces a observar, con algo de razón, que a este tema le hace falta focalización y que parece ser una mezcla de un poco de todo. Por otra parte, la dificultad de las cuestiones que se deben responder ha llevado con frecuencia a ignorar el tema y a comportamientos gubernamentales improvisados e incoherentes o a las llamadas políticas “implícitas” que, generalmente, no son sino políticas que se adoptan sin tener noción de ellas ni de sus consecuencias. En el caso que nos ocupa de los países pequeños de América Latina y el Caribe, la situación suele ser peor pues, además de las mayores limitaciones que su misma pequeñez y pobreza les imponen, parece también *menos claro qué es lo que pueden y deberían hacer, cómo, en cuánto tiempo y con qué recursos*. Los problemas propios de este tipo de países han recibido muy poca atención en la literatura sobre política científica y tecnológica; y esto es parte del problema muchas veces constatado de la brecha creciente dentro y fuera de la región.

La definición de lo que constituye un país pequeño es en cierta medida arbitraria y depende del interés del clasificador. Algunos estudios (Forsyth, D. J. C., 1990) estiman que es posible determinar rangos de tamaño vinculados significativamente a variables económicas y tecnológicas de los países. Con base en tales estudios un trabajo reciente (Trindade, S., 1996) propone un límite de 10 millones de habitantes para la definición de pequeñez; sin embargo, otros autores sobre temas de C&T (Freeman, C. y Lundvall, B. A., 1988) incluyen a Canadá entre los países pequeños, obviamente con otros criterios. *A los efectos de este documento interesa el conjunto de países incluidos como C y D en la clasificación del BID*, (Bahamas, Barbados, Belice, Bolivia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica,

Haití, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Suriname, Trinidad y Tobago, y Uruguay) que hasta el presente han sido poco atendidos por el Banco para llevar a cabo programas de C&T. Además de ser estos países pequeños (la población de ninguno llega actualmente a los 12 millones de habitantes), suelen tener un bajo nivel relativo de desarrollo (su PNB no excede de US \$30.000 millones en ningún caso), si bien es cuestionable que sean pobres algunos países de muy escasa población, pero nivel de ingreso per cápita relativamente alto, como Bahamas y Barbados.

A.

La cuestión de las prioridades

Las prioridades pertinentes a la política científica y tecnológica de cualquier país, grande o pequeño, son de varias clases. Es necesaria una elección entre alternativas diferentes de, por lo menos, lo siguiente: a) *áreas temáticas y disciplinarias* para la concentración de esfuerzos en este campo; b) *tipos de actividad científica y tecnológica* que conviene promover (investigación básica, investigación aplicada, desarrollo experimental, formación de investigadores, enseñanza básica de las ciencias, adiestramiento técnico de obreros, servicios técnicos de información, extensión, consultoría, metrología, normalización, control de calidad, etc.); c) *horizontes de tiempo*, o plazos en que se propone lograr determinados objetivos de la política; d) *tipos de entidades o instituciones* que realizan las actividades (universidades, institutos públicos de investigación, ministerios, empresas internacionales y locales, grandes, medianas y pequeñas, organizaciones no gubernamentales, etc.); y e) *recursos financieros y mecanismos de obtención y canalización de los mismos* (asignaciones presupuestarias directas del Estado, fondos concursables, ganancias de las empresas,

inversiones de riesgo, préstamos, etc.).

Además, puede considerarse como parte de la política los **procedimientos para establecer las prioridades** (planificación estatal, mercado sin intervención gubernamental, diálogo de agentes o *stakeholders*, etc.) y la determinación de acciones sobre **el marco normativo y el ambiente** que inciden grandemente sobre la eficacia de la misma política (fomento de la inversión extranjera, legislación sobre derechos de propiedad intelectual, tarifas de importación, compras del Estado, etc.). Asunto realmente complejo, por la cantidad de variables relacionadas entre sí, a lo que se añade el hecho de que "prioridad" no significa necesariamente "exclusividad de lo prioritario" y ello permite considerar diferentes grados posibles de prioridad.

Cuanto más pequeños y pobres sean los países, tanto mayores serán sus limitaciones internas de recursos y de mercados. **Ello impone, a su vez, una restricción más severa de opciones y una necesidad más pronunciada de selectividad.** (Ver casos de Honduras, Jamaica, Panamá y Uruguay en, respectivamente, Cruz, A., y Doryan, E., 1993; Ventura, A., 1991; Tal, E., 1985; y Arocena, R. y Bortagaray, I., 1996). No es factible, por ejemplo, que un país centroamericano o uno del Caribe desarrolle próximamente toda la gama de competencias científicas y tecnológicas que ya tienen Brasil y México, en número y variedad de recursos humanos, instituciones especializadas y campos disciplinarios en donde existe masa crítica para un trabajo eficaz de alta calidad; como tampoco estos últimos países pueden aspirar realísticamente, en el futuro previsible, a contar con la magnitud y el grado de diversificación de la capacidad científica y tecnológica de los Estados Unidos o Japón. La pequeñez y la pobreza son relativas a otras situaciones, pero actúan ambas en el mismo sentido de limitar las posibilidades y exigir, por tanto, una determinación de prioridades de acción e inversión dentro de un ámbito más estrecho de opciones, así como un mayor aprovechamiento de recursos y mercados del exterior del país. Es posible que haya también

algunas ventajas asociadas a la pequeñez, como menor grado de complejidad de las realidades que deben tratarse, mayor cercanía y facilidad de comunicación entre los agentes del desarrollo (Ventura, A., 1991).

B.

Temas y disciplinas

En lo referente a las prioridades por tema, las áreas de **agricultura y salud**, son candidatas evidentes a una provechosa concentración de esfuerzos en los países pequeños y pobres, por la gran variedad de productos agrícolas y de enfermedades propios del entorno de cada lugar. Lo mismo se aplica a los temas de **protección del ambiente y manejo de recursos naturales**, así como a la **adaptación de tecnologías industriales y de servicios**, y al **desarrollo de aplicaciones de tecnologías genéricas**, como en informática y biotecnología, que puedan utilizarse provechosamente en procesos productivos locales sin requerir ingentes volúmenes de inversión de capital. Volveremos después al asunto de la elección de áreas específicas prioritarias para la concentración de inversiones a mediano plazo.

No obstante lo que se acaba de afirmar sobre la agricultura y la salud, los países pequeños y pobres parecen atrapados en lo que podría denominarse **la trampa de la especialización tecnológica ineficaz dentro de una incompetencia científica generalizada**. Lo que esto significa puede ser fácilmente explicado con un par de ejemplos. Algo aparentemente sencillo y evidentemente conveniente para algunos países, como la elevación de la productividad agrícola y la mejora de la nutrición popular mediante la acción contra los virus del maíz puede exigir la aplicación de conocimientos de biología molecular y otros campos científicos, así como una gama de capacidades propias de investigación y desarrollo que trascienden los tradicionales trabajos de experimentación que se hacen en la mayor parte de estos países. Esta tecnología, como tantas otras, no puede ser importada y aplicada localmente sin adaptación. Otro adelanto aparentemente simple y claramente beneficioso para los países

tropicales, como sería el desarrollo de una vacuna eficaz contra la malaria, no se ha logrado aún en ningún país grande o chico, con la probable excepción de una que todavía se encuentra en evaluación, desarrollada en Colombia mediante un esfuerzo científico de gran amplitud encabezado por el Dr. M. E. Patarroyo (Spurgeon, D., 1995).

La insistencia en una *especialización tecnológica estrecha*, sin debida atención a la base científica de esa especialización, tiende a generar un *efecto contraproducente de ineficacia en el logro de lo mismo que se busca*. Este punto ha sido advertido frecuentemente en la literatura sobre el tema (ver, entre otros, Thulstrup, E.W., 1994, 1992; y Licha, I., 1995) y se relaciona con la creciente dependencia recíproca de diversas ramas o disciplinas del conocimiento y las exigencias de masa crítica que es necesario satisfacer para que un país saque pleno provecho de sus inversiones en C&T.

No existe una fórmula simple para dilucidar en qué medida un país debe invertir en construir más capacidad generalizada para trabajar competente-mente en una gama amplia de materias y disciplinas o, por el contrario, concentrar los recursos en especializaciones de mayor interés económico o social inmediato. Las soluciones dependen de las condiciones iniciales de las que parte el respectivo país y de los requerimientos propios de las áreas en que le convenga especializarse. Lo que puede afirmarse de manera general es que *hay que salir lo más pronto posible de la trampa de la doble impotencia, científica y tecnológica, y ello exige un juicioso balance, propio de cada país*, entre inversiones de uno y otro tipo. Todo el proceso de selección de temas y materias, así como la asignación de recursos, deben ser fundamentalmente orientados por los problemas y las necesidades propias que en última instancia se desea contribuir a resolver. Esta posición está igualmente alejada del simplismo de ridiculizar los esfuerzos de los países pequeños y pobres por ampliar su infraestructura científica, que tiende a condenar a sus pueblos a vivir dentro de la trampa, como de la inconsciencia de poner los intereses generales de la ciencia y de los científicos por encima de las

necesidades económicas y sociales de esos pueblos.

La determinación de cuáles actividades conviene promover se relaciona muy fundamentalmente con el horizonte de tiempo que se tenga en mente. En la vida de un país, cinco años de esfuerzos en ciencia y tecnología es corto plazo. Lo que tarda entre cinco y diez años es mediano plazo, de diez a veinticinco años es largo plazo, y más de veinticinco es demasiado lejano para poderlo prever. Si lo que importa es sólo la utilización eficiente de la capacidad actual en el año en curso, las respuestas serán muy distintas de las que resultan de una perspectiva de una década, como también son diferentes los requerimientos de solidez del consenso social para la eficacia de las acciones en uno u otro plazo. Por ello, *el hilo conductor de lo que sigue es lo que se puede y debe hacer en distintos plazos*, en torno a los cuales se discuten las otras variables pertinentes.

C.

El largo plazo

En el largo plazo debe buscarse la construcción de un grado razonable de capacidad científica generalizada, no importa cuan lamentable sea ahora la situación en que se encuentran estos países y esto requiere, principalmente, *acciones e inversiones continuas*, aunque sean modestas, *en todos los niveles del sistema educativo*. En este contexto debe verse *la investigación básica* en estos países, más como un insumo necesario de la formación de profesionales creativos que como una forma de acrecentar el acervo mundial de conocimientos (Thulstrup E. W. 1994, 1992), y más como un medio de asegurar una disponibilidad mínima de competencias básicas del país en una amplia gama de materias que como una vía para aumentar directamente su PNB.

Las instituciones de educación superior son, naturalmente, las que se especializan en realizar las actividades de formación profesional e investigación básica; el número y variedad de investigadores científicos que el país puede absorber se relaciona bastante con el desarrollo institucional de sus

universidades. *Los criterios de evaluación de la docencia superior y la investigación básica* deben ser los tradicionalmente empleados para juzgar sobre la excelencia académica, y la forma principal de control social debe ser la internalización de esos criterios en los procedimientos y rutinas de la misma comunidad académica (Castro, C., M.; Levy, D.,C.; y Bernasconi, A., 1996). También son importantes otras entidades para aumentar la capacidad científica general del país, como las de enseñanza básica y media, las de adiestramiento y actualización para el trabajo y otras que contribuyen a popularizar la ciencia como parte de la cultura nacional.

Casi todos los países dependen, en alguna medida, de la *formación en el exterior* en algunos campos especializados, pero esto es así de manera muy especial en los países pequeños y pobres, y más aún en las etapas iniciales de construcción de su infraestructura científica. Por los costos que tiene la capacitación científica de alto nivel en los lugares que pueden proporcionarla, y por las limitadas perspectivas de futuros ingresos que generalmente se derivan de ella en los países de la región, esa formación no ocurre o sólo ocurre en niveles ínfimos si no hay una decidida acción de organización y apoyo financiero del Estado, que debería aprovechar, naturalmente, las posibilidades de cooperación en este campo que ofrecen otros países. También es importante la *organización en el exterior y la reincorporación al país* de los nacionales que se encuentren estudiando y trabajando en el extranjero en materias científicas y tecnológicas, así como los *vínculos estables con algunos centros o instituciones de otros países* que ayudan a los de menor desarrollo relativo mediante relaciones de hermanamiento u otras similares.

D.

El plazo medio

A mediano plazo es necesario y factible, en cualquier país, concentrar capacidad científica y tecnológica en determinados campos estratégicos del desarrollo nacional; la elección es

particularmente crucial para los países pequeños y pobres, que no pueden darse el lujo de elegir demasiados de esos campos. Esas decisiones no pueden dejarse exclusivamente a las fuerzas del mercado porque, como ha sido explicado antes en este documento, en esto hay demasiadas fallas de mercado que se vuelven catastróficas donde ni siquiera existe un mercado para las actividades científicas y tecnológicas. También tiene grandes riesgos la determinación burocrática gubernamental de las prioridades, que puede cambiar con el gobierno de turno y puede estar fundamentalmente divorciada de las realidades del país si no hay un proceso amplio de consultas que haga participar a quienes, supuestamente, habrán de llevar a cabo lo decidido. Idealmente, lo que se requiere es un proceso de concertación entre los principales agentes del desarrollo, como fue antes discutido con referencia a la orquestación del SNI. En la medida que el consenso social, periódicamente renovado, sea amplio, claro y sólido, la definición de las áreas prioritarias tendrá mayores posibilidades de estabilidad y eficacia.

En la elección de los campos estratégicos de concentración de capacidades debe considerarse cuáles competencias científico-técnicas son necesarias para: a) agregar valor económico a los principales recursos y productos que hay en el país; b) identificar y explotar nuevos nichos especializados en donde se pueda competir internacionalmente; c) satisfacer mejor las necesidades básicas de la población, especialmente las de nutrición, salud, educación, vivienda y empleo; y d) proteger el ambiente y manejar racionalmente los recursos naturales. Se sugirió antes que en estos países las respuestas a esas preguntas suelen encontrarse en los campos de la agricultura, la salud y la ecología, en adaptaciones de tecnologías industriales y de servicios, y en el desarrollo de aplicaciones de tecnologías genéricas. Sin embargo, las respuestas que se necesitan para actuar e invertir en los campos estratégicos son mucho más específicas que eso y varían grandemente entre países. Lo que en un país puede ser la producción e industrialización de un determinado producto agrícola corresponde en otro a la extracción y el

procesamiento de un mineral abundante en su suelo; obviamente, así varían también las especialidades involucradas.

El tipo fundamental de actividad que exige el desarrollo de capacidades concentradas en campos estratégicos es investigación aplicada y desarrollo experimental. Los arreglos institucionales para esto pueden ser muy distintos entre países. No hay razones especiales para suponer, en este caso, que las instituciones académicas sean las más idóneas, aunque pueden serlo algunas veces. Los institutos públicos no universitarios de I&D, los organismos no gubernamentales y diversos tipos de empresas y asociaciones empresariales también pueden funcionar bien para este propósito. Es importante, en todo caso, la cercanía de la entidad de I&D a los usuarios de los resultados de la misma y la existencia de vínculos que faciliten su efectiva utilización.

Algunos ejemplos exitosos de concentración de capacidades en investigación y desarrollo experimental en países pequeños de la región son el Instituto Centroamericano de Nutrición de Centroamérica y Panamá, en Guatemala; las instalaciones de investigación del banano de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola; el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en Costa Rica; el Laboratorio Gorgas de Medicina Tropical en Panamá; el Complejo de Ciencias Médicas Eric Williams en Trinidad; el Centro Nacional de Investigaciones Marinas de la Escuela Politécnica del Litoral en Ecuador, y el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable en el Uruguay. Deben notarse dos aspectos de estos centros: varios de ellos se han formado para servir a necesidades comunes de un grupo de países y prácticamente todos ellos fueron establecidos con apoyo del exterior o han recibido una fuerte ayuda internacional.

La promoción de la investigación aplicada y el desarrollo experimental dentro de las empresas, así como otras actividades tendentes a crear un clima empresarial innovador, son también un objetivo que los países deberían fijarse y tratar de

lograr en el mediano plazo. Esto se relaciona con el marco de regulación, las reglas del juego y el ambiente económico general. Pero también ***es necesario facilitar el proceso mediante fondos de desarrollo tecnológico*** para apoyar financieramente a las empresas que arriesguen e inviertan en materializar innovaciones tecnológicas. Lo que estos fondos deben buscar es la multiplicación de casos exitosos de innovación y la generación de efectos de demostración que se comuniquen de unos a otros empresarios; es decir, ***cebar la bomba*** y echar andar un proceso que de otra manera no ocurre o solamente opera de manera demasiado lenta en países que nunca han contado con una cultura empresarial de innovación. En algunos casos puede ser posible, también, crear entidades mixtas de capital de riesgo, como lo hicieron algunos países del este de Asia, para mostrar el tipo de rentabilidades que pueden generar las inversiones en empresas incipientes pero realmente capaces de desarrollar nuevas ideas.

E. El corto plazo

Lo que se debe buscar a corto plazo es la difusión y el empleo racional de las tecnologías, existentes en todo el mundo, cuya utilización le convenga al país. Esto es algo que a todas luces beneficia a muchas personas y empresas, y que no suele tener costos excesivamente altos, por lo que los incentivos para lograrlo son ya bastante grandes. En cierta medida ello ocurre espontáneamente mediante mecanismos de mercado, particularmente cuando el contexto es de apertura de la economía, bastante contacto con el exterior y precios relativos de los factores de producción que reflejan sus respectivas condiciones de escasez. También son importantes el acicate de la competencia, el respeto a los derechos de propiedad intelectual y los diálogos entre *stakeholders* antes mencionados (Trinidad S., 1996).

El asunto que aquí se plantea no es hacer algo en vez de lo que ya se logra espontáneamente, sino hacer algo adicional a eso. Cuando se desperdicia más de la mitad de la madera que entra

a los aserraderos de un país pobre y pequeño porque la maquinaria adquirida no fue la más adecuada para ese tipo de madera, cuando hay pérdidas postcosecha de un producto agrícola que superan el 50% de su producción, cuando se instala una fábrica con capacidad mucho mayor de la que se puede usar porque no se sabe que existe una opción tecnológica más conveniente y barata, cuando se pretende exportar desconociendo las normas técnicas de los países importadores, cuando no se tiene capacidad de hacer la más mínima modificación a un producto para hacerlo más competitivo en determinado mercado, ni a un proceso productivo para reducir sus costos o incrementar su eficiencia, algo está fallando en el país que no es el tipo de cambio de la moneda, ni la tasa de interés, ni sus condiciones macroeconómicas generales.

Lo que casi siempre falla a este respecto en estos países es la infraestructura de apoyo tecnológico.

Esa infraestructura está constituida, en los países de mayor desarrollo, por un conjunto grande de entidades que prestan servicios científico-técnicos tales como registro, procesamiento y suministro de toda clase de información, consultorías especializadas en asuntos tecnológicos (incluyendo a los gerenciales), capacitación técnica breve y actualización profesional, extensión agrícola e industrial, metrología, microscopía, emisión de normas técnicas, control y certificación de calidad, y otros. Esas entidades, junto con las instituciones educativas, las empresas y los centros que hacen I&D, y las agencias de regulación y financiamiento de las actividades de C&T, cuando interactúan en forma sistémica en la sociedad, constituyen el sistema nacional de innovación de un país. Huelga decir que ese sistema prácticamente no existe como tal en los países pequeños y pobres, y que esa es una de las razones más profundas de su subdesarrollo y de su dificultad para insertarse adecuadamente en el concierto internacional.

F.

El enfoque estratégico en los países pequeños de la región

De lo anterior se deduce que lo que tiene que hacer en este campo un país pequeño, como cualquier otro, es ***construir gradualmente su sistema nacional de innovación.*** Lo que varía entre los países de la región es cuánto tiempo necesitarán para contar con un SNI eficaz, las dimensiones y el grado de diversificación interna del mismo, pero no la naturaleza de sus componentes esenciales. Si se ignora a las universidades y ello produce un conjunto muy débil de educación superior, falla la base de todo el sistema, que son los recursos humanos especializados con que cuenta el país y ello, a su vez, impone un techo sumamente bajo a lo que se puede lograr en cualquier plazo. Si se ignora a las empresas que utilizan la tecnología en la producción de bienes y servicios, el esfuerzo nunca llega a fructificar en una satisfacción sustancialmente mayor de las necesidades de la población. Si no funciona bien el esquema de intermediación entre el conocimiento y su aplicación productiva, se crean subsistemas separados e inconexos, cada uno desaprovechando todo el potencial de una relación creciente y recíprocamente enriquecedora que es, en el mundo de ahora, la misma médula del desarrollo de las naciones.

El énfasis en lo gradual del enfoque aquí presentado no puede ser interpretado como una excusa para postergar la acción y las inversiones en todo aquello que se considera de mediano y largo plazo. En este contexto, lo que se ha querido decir es que ***ciertos objetivos sólo pueden lograrse en determinado período si se comienza ahora a buscarlos tesoneramente y se continúa ese esfuerzo durante todo el período.*** Una estrategia nacional adecuada de ciencia y tecnología debe incluir, por tanto, componentes que se realizarán en el plazo de ejecución de un programa de acciones e inversiones, pero que sólo pueden fructificar plenamente después de ese plazo, y así subsecuentemente con el siguiente programa y el que siga a ese, hasta convertir al pobre pequeño país en un país desarrollado. Después de eso tendrá que seguir actuando e invirtiendo en este campo, pero esas etapas serán de diferente factura.

A continuación sigue una ***síntesis del tipo de***

acciones e inversiones que se sugieren en este documento a los países pequeños de la región, como un aporte preliminar a un tema difícil y poco explorado. Una estrategia nacional de C&T, concretizada en un programa de cinco años, debería orientarse a construir y desarrollar gradualmente el SNI del respectivo país y debería incluir, por lo menos, una combinación de los siguientes tres tipos de inversiones: a) *componentes de maduración relativamente rápida*, centrados en el extremo de máxima utilidad inmediata del SNI, y consistentes en fortalecer la infraestructura de apoyo tecnológico a las empresas mediante *servicios científico-técnicos* que contribuyan a la *adaptación, difusión y utilización racional de las tecnologías ya existentes*; b) *componentes de plazo medio*, centrados en la *investigación aplicada y el desarrollo experimental*, que busquen fomentar las *actividades innovadoras propias de las empresas* que operan en el país y crear *capacidades concentradas de generación y adaptación de tecnologías en algunos campos estratégicos* de particular importancia para el país; c) *componentes de maduración relativamente lenta*, centrados en la *formación de recursos humanos* en las instituciones educativas de todos los niveles y en la *investigación básica* del nivel superior, orientados a lograr un *nivel aceptable de capacidad generalizada* en el país para lidiar con el fenómeno contemporáneo de explosión del conocimiento y sus aplicaciones productivas.

Todo lo anterior supone, naturalmente, un ajuste muy estrecho de las prioridades y de las acciones e inversiones incluidas en cada programa a las necesidades y posibilidades específicas del país respectivo, así como una *entidad nacional fuerte que coordine y financie el esfuerzo*, dentro de un marco normativo y un ambiente general propicios a la innovación.

Este enfoque no tiene nada de misterioso ni irrealizable. De suyo, los programas de C&T cuya ejecución están concluyendo los gobiernos de Costa Rica y Uruguay, con apoyo del BID, contienen muchos de los elementos sugeridos. Tampoco es demasiado distinto de lo que hicieron, en los últimos 25 años, algunos países pequeños y medianos del este de Asia. En cuanto a la magnitud de los recursos requeridos por este tipo de programas, no es necesario restar nada a la satisfacción de necesidades más elementales e inmediatas de la población. Partiendo de niveles sumamente bajos de esfuerzo (menos de 0,4% del PNB en todos los países pequeños de la región) no debería ser demasiado difícil para una economía en crecimiento, con tasas anuales equivalentes a varios puntos del PNB, proporcionar los recursos que se necesitan para incrementar gradualmente esa inversión.

- IV -

Ciencia y tecnología en países grandes y medianos

Lo que se entiende por países grandes y medianos es, como en el caso tratado en la sección anterior, relativamente arbitrario y dependiente de los intereses de quien hace la definición; aquí *entenderemos que estos países son los que el BID incluye en las categorías A y B de su clasificación* (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Venezuela). La línea divisoria entre éstos y los del caso anterior se sitúa actualmente en torno a los 12 millones de habitantes y los 30.000 millones de dólares de PNB. Ocurre que Ecuador y Chile, que son los más cercanos en población a esa línea, tienen indicadores de C&T muy diferentes entre ellos; los del primero corresponden generalmente a los de países de menor tamaño, mientras que los del segundo, con el indicador de productividad científica (por millón de habitantes) más alto de la región, se asemejan más a los del grupo A y B. Algunos países relativamente pequeños (p. ej. Jamaica, Uruguay) tienen indicadores de C&T por persona mejores que varios de los mayores, pero las dimensiones económicas globales hacen una diferencia significativa, en cuanto imponen limitaciones muy distintas a la magnitud y diferenciación interna que puede tener el SNI de cada país. Algunas regiones de países grandes (p. ej. nordeste de Brasil, sur de México) tienen situaciones de C&T semejantes a las de países menores y más pobres, y se les aplica mucho de lo anteriormente explicado en el capítulo anterior.

A.

Claroscuros de un cuadro abigarrado

Los países mayores de la región *generalmente han pasado por un proceso de construcción de infraestructura y capacidades básicas en este campo*, especialmente desde la mitad del siglo hasta comienzos de los años ochenta. En todos ellos hay algunas universidades razonablemente

buenas y algunos núcleos de excelencia en ciertos campos, que contribuyen regularmente a la literatura mundial de sus respectivas disciplinas. Hay un cuerpo profesional relativamente numeroso y capaz; la gama de disciplinas y materias especializadas donde se encuentran por lo menos algunos especialistas de muy altas calificaciones es bastante amplia y diversificada. Existen algunos laboratorios bien dotados, con instrumentos que no están obsoletos; hay buenas bibliotecas y una infraestructura informática crecientemente bien equipada. Los promedios de productividad científica son muy inferiores a los de los países desarrollados, pero esto es el resultado de situaciones muy heterogéneas en la región, donde algunos investigadores producen lo equivalente a sus colegas del primer mundo y otros casi nada.

Hay también agencias de extensión, empresas consultoras especializadas en una variedad de asuntos, entidades de normalización, metrología, control y certificación de calidad. Se encuentran con más frecuencia y facilidad que en los países pequeños los servicios de la infraestructura de apoyo tecnológico. Hay un buen número de empresas que saben utilizar eficientemente tecnologías avanzadas y modificarlas en su propio provecho. Sin embargo, hasta allí llega esta *apretada síntesis de los aspectos positivos* que generalmente existen en la situación de C&T de los países grandes y medianos de la región.

Debido en parte a las crisis fiscales de la “década perdida”, que impidieron en muchos casos renovar lo que ya se tenía, y de otros factores que también mantuvieron bajos los niveles de inversión en innovaciones de las empresas, *hay envejecimiento excesivo de la infraestructura física y los equipos de las actividades científicas y tecnológicas en varios de estos países*. Viene al caso una institu-

ción donde recientemente los biólogos entrenados en el Instituto Pasteur y otras entidades semejantes, tenían que trabajar con equipos que eran anteriores al descubrimiento del ADN. Este, sin embargo, es el problema más simple de este campo, cuando ya existen las capacidades humanas e institucionales para trabajar con calidad. Sencillamente hay que asignar recursos, en la medida de las posibilidades del país, para evitar que falten los instrumentos indispensables o que los mismos sean como piezas de museo que reducen los rendimientos de la gente mejor formada del país. Hay, pues, una serie de necesidades de remozamiento y complementación de infraestructura y equipos, que deberían resolverse dándole mayor prioridad a los casos en que más impacto tengan las inversiones sobre la utilización adecuada de la capacidad humana existente y que más contribuyan a conservar, por lo menos, los núcleos donde el país haya logrado masas críticas importantes.

Un problema más serio de estos países suelen ser **los bajos sueldos y la condición un tanto precaria o inestable de una gran parte de la comunidad científica**, cuyos miembros se ven obligados frecuentemente a desempeñar varios trabajos simultáneamente. En algunos países se ha procurado resolver el problema desarrollando esquemas de complementos salariales, mediante un “sistema nacional del investigador” que es más o menos equivalente al establecimiento de una meritocracia jerarquizada por el juicio de los propios científicos, o mediante la “carrera del investigador”, o de proyectos concursables que permiten complementar el salario, u otros mecanismos semejantes. Sin embargo, todavía hay bastante por hacer en el sentido de lograr una mayor compatibilidad entre la capacidad que este tipo de personas debe tener y las remuneraciones que se les pagan, y entre el esfuerzo y la productividad que la sociedad tiene derecho a exigirles y el reconocimiento y la estabilidad que les ofrece. No hay fórmulas mágicas para lograrlo, pero tampoco sería la primera vez que este problema de fondo, común a todos los países, se resuelve razonablemente. Ello involucra una dosis de apoyo estable, para asegurar una sobrevivencia digna y una dosis de apoyo condicio-

nado a los resultados del trabajo.

B.

Lo que más falta hace a estos países

Lo que definitivamente hace falta en los países mayores de la región es emplear mejor las capacidades científicas y tecnológicas que ya tienen para generar un volumen mucho mayor de **innovaciones que efectivamente se incorporen al aparato productivo y logren impactos socioeconómicos beneficiosos para su población**. De acuerdo a la experiencia mundial, esto no puede hacerse bien si no se aumenta significativamente la inversión en I&D de las propias empresas.

Este punto ha sido tocado varias veces en este documento, pero conviene quizás resumirlo de nuevo con el siguiente dato: en los países de América Latina y el Caribe la proporción de los gastos en I&D que hacen o que financian las empresas no supera, en el mejor de los casos, el 20% del total nacional, correspondiendo el otro 80%, cuando menos, al gasto del sector público complementado modestamente por aportes del exterior. **En Corea del Sur, partiendo de una proporción semejante a la de América Latina en los años sesenta, han llegado a la razón exactamente inversa**; es decir, el sector empresarial financia alrededor del 80% del gasto nacional en I&D y el gobierno el 20% (Kim, L.,1993). Resultado: Corea genera más patentes que Brasil, México y Argentina juntos (The World Competitiveness Report, 1994). Sin duda que ese dinamismo tecnológico es uno de los factores decisivos del crecimiento económico extraordinario que ha experimentado ese país en los últimos 25 años. Además, el crecimiento ha permitido y exigido a la vez, en una continua sucesión de causas y efectos que se alimentan mutuamente, ampliar grandemente la infraestructura y la producción científicas. Esa producción era poca cosa en los años setenta por comparación con la de Argentina; ahora, la producción científica total coreana en un año supera a la de Argentina en más del 55% (Gibbs, W., W., 1995).

El punto que se quiere enfatizar es que *la estructura del esfuerzo en C&T de los países mayores de la región es muy desequilibrada y necesita una corrección fundamental*, en el sentido de incrementar mucho más la parte correspondiente a las empresas que la de las instituciones públicas. Como toda alteración de una razón entre un numerador y un denominador, ésta puede concebiblemente lograrse aumentando uno o reduciendo el otro, o una mezcla de ambas cosas. Sin embargo, en este caso el problema no es que el esfuerzo público haya sido muy alto, sino que el privado ha sido demasiado bajo y que ha existido poco diálogo y cooperación entre ambos sectores en este campo. De la misma manera que no es aceptable aumentar el ingreso per cápita de un país mediante el incremento de la tasa de mortalidad, los países que ya alcanzaron un cierto nivel de competencia básica deben cuidarse mucho de no sufrir una regresión en este campo y meterse en la trampa de la “especialización tecnológica ineficaz dentro de la incompetencia científica generalizada”, que antes se explicó. *La solución exige aumentar el nivel absoluto y la eficiencia de los esfuerzos públicos en muchas áreas científicas y tecnológicas, incluyendo las muy básicas, pero aún más el nivel y la eficacia de los esfuerzos privados*, así como la coherencia sistémica del conjunto. Cómo hacer esto es el núcleo fundamental de la cuestión que se plantea a estos países.

C.

La promoción de la innovación tecnológica en el contexto de la globalización

A los efectos de promover cambios o innovaciones tecnológicas en las empresas de estos países es posible *distinguir no menos de tres segmentos distintos de unidades que requieren políticas diferenciadas*. El primero es el gran estrato de las microempresas y las unidades productivas pequeñas que utilizan tecnologías más o menos primitivas y de muy baja productividad, con empleo casi nulo de personas que hayan completado estudios de educación superior. Si bien siempre es posible algún tipo de innovación por ensayo y error en forma empírica, ésta no es la fuente más

importante de cambio tecnológico en nuestros días. El segundo estrato se ubica en el extremo opuesto del primero y se refiere a las empresas, de cualquier tamaño, que utilizan tecnologías de punta en la producción de bienes y servicios, con muy alto valor agregado y productividad por persona empleada, y alta proporción de empleo de ingenieros, científicos y profesionales de la gestión. El tercer segmento es el grupo amplio y algo difuso de las empresas que utilizan tecnologías intermedias, propias de la producción en serie más rutinaria de la sociedad industrial, con productividades que suelen estar entre las de los dos segmentos anteriores. Se incluyen aquí subsidiarias de empresas multinacionales que producen artículos sofisticados con tecnologías convencionales, como algunas de maquila electrónica. Este grupo emplea personal profesional con alguna capacidad propia de innovar, pero en proporciones bastante menores que las empresas del segundo estrato. La producción de maíz en México, por ejemplo, estaría concentrada en unidades del primer estrato, la de materiales eléctricos en el segundo y la de textiles en el tercero.

El *primer estrato* tiene muy poca capacidad endógena de innovación y lo que fundamentalmente necesita son *servicios científico técnicos centrados en la adaptación, difusión y utilización adecuada de tecnologías existentes*, de una manera no muy distinta de lo que se encontró conveniente para el corto plazo en los países más pequeños. En este caso el esfuerzo propio de las empresas es básicamente un esfuerzo de absorción de tecnologías que aumentarían apreciablemente su productividad y sus ingresos. El acento está en la capacitación del personal, en la incorporación del trabajo de profesionales cuando sea posible, en la asesoría técnica para la elección y puesta en marcha de formas de producir que son nuevas para esas empresas, en pequeñas mejoras de proceso que aumentan el volumen o la calidad de lo producido, en aprender a cumplir normas técnicas y homogeneizar los productos, en la introducción de nuevas prácticas contables o de gestión y comercialización, en incorporar, en fin, los elementos de

modernidad que convengan a ese tipo de empresas. Las entidades que les apoyan sí deben contar con capacidades propias de I&D para adaptar tecnologías a las necesidades específicas de los clientes. En lo posible hay que cobrar a los usuarios el costo de estos servicios, pero hay ocasiones en que el interés más amplio de la sociedad hace preferible el subsidio.

El *segundo segmento* es, por supuesto, el más pequeño, aunque en algunos países *tiene más empresas de lo que con frecuencia se cae en la cuenta*. A guisa de ejemplo, en el Brasil la empresa *Embraer* produce aviones y los vende en todo el mundo; *Metal Leve* es internacionalmente renombrada por las piezas sofisticadas de automóviles que produce con tecnologías propias; *Itautec* compite con *IBM* y *Compac* por el primer lugar en la producción y venta de computadoras en el mercado local, que es libre desde que se eliminó, a comienzos de los años noventa, la reserva de mercado que existía; *Humana Informática* desarrolla software, lo comercializa en muchos países y ha ganado premios como el *Byte Award* por sus programas; el programa brasileño de exportación de software conocido como *SOFTEX 2000* está penetrando ampliamente los mercados internacionales; *Consub* desarrolla y vende nuevos tipos de robots para el mantenimiento de plataformas submarinas de aguas profundas; *Mapra* exporta antenas de microondas con nuevos diseños propios; *Zetax* hace lo mismo con centrales telefónicas para edificios de departamentos en condominio y *CBV Industria Mecánica* con equipos petroleros inéditos; *Quiral* ha desarrollado nuevos medicamentos oncológicos; *Nortec* y la entidad pública *Fiocruz*, nuevos antivirales; *Coopersucar* nuevas variedades de caña de azúcar mediante transformación genética y *Termo Técnica* nuevos procesos de producción de concentrados proteínicos a partir de efluentes contaminantes de las cervecerías. Son muy conocidos los desarrollos pioneros del Brasil de variedades de soya y de la tecnología del alcohol como combustible para automóviles. En el país se producen, además, tomógrafos de resonancia magnética, nuevos sistemas digitales de control distribuido y nuevas aplicaciones de la holografía

electrónica, entre otras innovaciones tecnológicas exitosas (Magalhães, M., H., 1996).

No sólo las ventas internacionales y los insumos que adquiere de diversos países, sino otras circunstancias también parecen indicar que *este segmento de empresas de tecnologías de punta se está internacionalizando rápidamente*, como lo simboliza, por ejemplo, la reciente venta de *Metal Leve* a un grupo multinacional de origen alemán y el éxito de otras empresas productoras de piezas de automóviles, como *lochpe* y *Cofap*, que han seguido una estrategia de mayor vinculación con un conjunto amplio de proveedores y clientes internacionales. Lo mismo parece indicar el desaparecimiento, desde 1990, de numerosas empresas de computadoras en el Brasil y la red de alianzas con gigantes mundiales de la microelectrónica y la informática que ha necesitado *Itautec* para poder competir en su propio mercado.

Posiblemente, para las empresas de la región no haya maneras de sobrevivir en algunos campos de mucha inversión internacional en I&D y cambio tecnológico extraordinariamente rápido, si no es con una *estrategia de alianzas y emprendimientos conjuntos con empresas multinacionales* (Vonortas, N.S. and Safioleas, S.P., 1996), que atraiga actividades de alta creatividad y valor agregado a los propios países de la región, además de buscar nichos propios que exploten lo que los gigantes dejan de hacer. En el caso de este segmento de empresas, la política pública debe apoyar y facilitar esa estrategia, con las ayudas específicas que en cada caso puedan requerirse, así como crear y mantener condiciones generales que la hagan posible, como es la disponibilidad de recursos humanos de alto nivel, las leyes y prácticas administrativas referentes a la propiedad intelectual (Frischtak, C., et al, 1996; Primo Braga, C.A., 1995) y el clima general de negocios en el país.

El *tercer segmento de empresas* es bastante heterogéneo y ello dificulta la generalización. Suponiendo un ambiente competitivo, apertura al exterior y todo lo demás del contexto macroeconómico del país que propicia la innovación, lo que

muchas empresas de estos países necesitan para hacer más innovaciones son tres cosas, por lo menos. Primero, el *ejemplo exitoso de otras empresas como ellas* que les muestre que sí es posible y provechosa la innovación. Esto pone nuevamente la atención sobre la necesidad de “cebar la bomba” y el rol catalítico que debe tener la política pública durante todo el período de aprendizaje de la innovación, hasta que ésta se convierta en un aspecto institucionalizado del comportamiento empresarial y se haya desarrollado un mercado de servicios financieros y técnicos para apoyarla. En segundo lugar, las empresas necesitan *financiamiento en términos razonablemente adecuados a los requerimientos propios de la innovación*, que no es una actividad comercial rutinaria. Esta necesidad se discute con más detenimiento en el capítulo V de este documento. Además, las empresas necesitan vínculos con instituciones académicas sólidas que les proporcionen, cuando menos, una *ventana al mundo de la ciencia y la posibilidad de acudir fácilmente a ella siempre que lo necesiten*, en busca de personal especializado, asesoría técnica, actualización profesional, u otros servicios propios de quien posee e incrementa continuamente un acervo amplio de conocimientos de todo tipo.

D.

Completando el rompecabezas de la capacidad nacional de innovación

Una *diferencia importante entre la situación en C&T de los países mayores y menores de la región* es que la necesidad fundamental en los segundos (con alguna que otra excepción) es de creación o construcción del SNI partiendo de pocos componentes sólidos que existen del mismo, mientras en los primeros la necesidad principal es de consolidación e integración de muchos elementos dispersos, de manera que produzcan, tan pronto como sea posible, los beneficios económicos y sociales que la sociedad espera. No puede haber mucha sinergia de innovación donde no existen, o son demasiado débiles, los componentes esenciales de un sistema institucional que la genere. Por ello, la dinamización sinérgica del conjunto es aún

más pertinente en los países mayores que tienen los componentes básicos de un SNI, que en los menores que no los tienen. En un caso se debe completar y poner a funcionar la casa, en el otro hay que solidificar los cimientos. En ambos casos, sin embargo, la prueba final de un SNI es si los productos logran o no satisfacer competitivamente necesidades económicas y sociales.

El SNI de un país es como un rompecabezas de numerosas piezas. Si faltan muchos de sus componentes o se hallan mal ubicados, no se aprecia el conjunto ni éste constituye propiamente un sistema. Para que el conjunto funcione sistemáticamente es necesario que esté relativamente completo y que las piezas se encuentren articuladas entre sí. En esta sección se ha argumentado que en los países grandes y medianos de la región existen muchos de los componentes del SNI pero falta, o es demasiado débil, una pieza fundamental del rompecabezas, que es la innovación tecnológica misma en las empresas. Además, los mecanismos de articulación del conjunto suelen ser muy deficientes y es necesario mejorarlos bastante. Esto es lo que antes se trató en el tópico de la orquestación del SNI y también en las articulaciones de C&T con la educación superior. En particular, la vinculación universidad/empresa, tomando en cuenta dónde está concentrada principalmente la capacidad de I&D de la región, es crucial para que el SNI aproveche plenamente las potencialidades de una capacidad existente que no suele estar bien utilizada. Según se acaba de describir, la innovación tecnológica en empresas de todos los estratos y tamaños depende de recursos humanos que se forman en las instituciones de educación superior y de servicios que estas instituciones pueden y deberían suministrar directamente a las empresas, incluyendo en algunos casos formas avanzadas de esa relación, como parques tecnológicos e incubadoras de empresas.

De lo anterior se deduce que la promoción de la I&D y otras actividades de innovación tecnológica en las empresas, en la forma diferenciada que antes se explicó, la vinculación universidad/empresa, cuando las instituciones de educación superior ya

han adquirido un grado apreciable de desarrollo y calidad en el desempeño de las funciones que les son propias, y la articulación sistémica del conjunto, son precisamente las piezas faltantes o más desdibujadas del rompecabezas y, por tanto, los

E.

El enfoque estratégico en los países mayores de la región

A continuación sigue una *síntesis del tipo de acciones e inversiones que se sugieren en este documento a los países grandes y medianos de América Latina*. Una estrategia nacional de C&T, concretizada en un programa de cinco años, debería orientarse a consolidar y articular mejor su SNI, de modo que rinda beneficios económicos y sociales significativos en el corto plazo y crecientes a mediano y largo plazo. El programa debería incluir, por lo menos, una combinación de los siguientes cuatro componentes: *Primero, componentes de promoción directa de la I&D y otras actividades de innovación tecnológica en las empresas*, incluyendo soluciones al problema de la falta de financiamiento de estas actividades en aquellas empresas que lo necesitan y no lo encuentran, como podrían ser la ampliación y utilización agresiva de *fondos de desarrollo tecnológico*. *Segundo, componentes de vinculación universidad/empresa* que incrementen y

ingredientes más importantes de una estrategia adecuada de ciencia y tecnología para este tipo de países.

mejoren los servicios directos a las empresas, como *I&D por contrato, asesorías técnicas, actualización profesional y ventanas fácilmente accesibles al acervo de conocimientos*. Esto mismo debería constituir para las instituciones de educación superior un complemento a sus ingresos que diversificaría su base financiera. *Tercero*, componentes de consolidación de instituciones del SNI y solución de otros problemas específicos que pueden tener algunos países, como *envejecimiento excesivo de la infraestructura física y los equipos*, personal científico de alto nivel con *situaciones de precariedad y remuneraciones incompatibles con la capacidad y dedicación* que se espera de ellos y *escasez de personal especializado en determinados campos* de C&T. *Cuarto, orquestación del SNI*, como se explicó anteriormente, pero con el añadido de que las estrategias en algunos sectores de tecnologías de punta probablemente tendrán que repensarse por las circunstancias derivadas de una rápida internacionalización y desnacionalización de empresas locales.

El financiamiento de la ciencia y la tecnología

Siendo el BID una institución financiera, sus actividades tienen como foco mecanismos de transferencia de recursos. Normalmente, en las operaciones de C&T, el Banco proporciona préstamos a instituciones nacionales que a su vez trasladan los fondos a numerosas personas y entidades de ejecución de actividades científicas y tecnológicas. Estas actividades incluyen las tradicionalmente consideradas como centrales de este campo; es decir la I&D y la formación de investigadores, más los denominados servicios científico-técnicos, que utilizan el mismo tipo de personal y herramientas que la I&D pero no generan nuevos conocimientos, productos o procesos, ni modificaciones de los mismos. A continuación se discuten algunos problemas del financiamiento de esas actividades y se indican diferentes mecanismos que pueden utilizarse para transferir recursos a proyectos específicos e instituciones de ejecución, con señalamiento de las principales ventajas e inconvenientes de cada instrumento. Al final del capítulo se presentan sugerencias de lo que podrían ser los objetivos de una estrategia y los componentes típicos de un programa de C&T financiado por el BID.

A.

Problemas del financiamiento de C&T

Las actividades de C&T, y especialmente la I&D, suelen tener una serie de características que complican bastante su financiamiento. En primer lugar, por comparación a otras actividades, hay *mayor incertidumbre* sobre la obtención de resultados y sobre la naturaleza de éstos. Con gran frecuencia no se logra lo que se busca, muchas veces se encuentra algo distinto de lo que se esperaba y algunas veces el resultado inesperado que se logra tiene un valor mayor al que se buscaba. En segundo lugar, hay *diversidad de plazos* en que los resultados científicos y técnicos, una vez

logrados, pueden ser puestos a trabajar en la producción de bienes y servicios y tener efectos socioeconómicos. En tercer lugar, los resultados pueden generar *distintos tipos de beneficios*, algunos de los cuales sirven a personas y entidades que no pagan directamente por los mismos (bienes públicos). Esto hace que haya distintos grados de apropiación de dichos beneficios por quien realizó el esfuerzo y distintos grados de “externalidad” o beneficios a otros que no pagan. A veces hay uso dual (militar y civil), o público y privado (bienes mixtos) de los resultados y, a veces, aunque se pudiera excluir de determinados beneficios a quien no pague por ellos, la sociedad decide no hacerlo (bienes de mérito) pues lo considera inconveniente o incivilizado, como ocurre típicamente en algunos servicios de educación y salud.

Hay un caso en que el financiamiento de la I&D puede resolverse con los criterios relativamente simples de la banca comercial, más allá de las ocasiones en que existe tan amplia garantía del interesado que no importa nada más a la entidad financiera. Este caso ocurre cuando el resultado científico o técnico de la actividad es claramente previsible, y también lo es el plazo en que puede rendir beneficios económicos, este plazo no es demasiado largo, el beneficio es apropiable en magnitud suficiente para cubrir los costos que implica su materialización, y existe una razonable probabilidad de que el interesado podrá lograr no sólo los resultados científicos o técnicos buscados sino también los económicos. Aún así pueden presentarse problemas prácticos de excesiva garantía exigida, plazos de los préstamos incompatibles con los de maduración de los resultados y otros, pero es claro conceptualmente que las entidades financieras podrían resolver este caso más fácilmente que cualquier otro de este campo. Sin embargo, una gran parte de las actividades de I&D realizadas en cualquier país, así como muchos de

sus avances más significativos, no satisfacen todos estos requisitos y por ello no son normalmente financiadas por la banca comercial.

Lo anterior conduce, obviamente, a la cuestión de cuáles de dichas actividades deberían ser financiadas con recursos públicos y cómo. Este asunto ha sido considerado teórica y prácticamente desde hace muchos años (ver, por ejemplo, Arrow, K., 1962; y Brooks, H., 1986), por lo que no es necesario sino resumir brevemente algunas conclusiones pertinentes a este trabajo. ***En lo referente a la I&D***, los casos donde parece haber un consenso amplio sobre la conveniencia del financiamiento público, aunque no necesariamente sobre su ejecución por entidades públicas, son: la investigación básica, y toda aquella donde el usuario es el propio Estado para realizar una función que le es propia, ya sea que los resultados que se buscan tengan usos duales o no; la I&D privada que tenga fuertes externalidades pero no pueda pagarse por sí misma, y la que incrementa o mejora los bienes de mérito.

En el caso de los servicios científico-técnicos, no hay ninguna incertidumbre científica en la actividad porque no se trata de generar nuevos conocimientos, ni productos, ni procesos productivos, sino de aplicar y difundir lo ya existente. Además, los beneficios de este tipo de actividades suelen ser altamente apropiables en el corto plazo por quien los recibe, de manera que, como regla general, hay que cobrar a los usuarios el costo de los mismos. Se puede utilizar el crédito, naturalmente, cuando haya problemas inmediatos de pago por parte de dichos usuarios o problemas de falta inmediata de recursos de inversión u operación por parte de los proveedores de los servicios. Las excepciones que sí requieren empleo de recursos públicos son los servicios que cumplen funciones eminentemente públicas, como la emisión y el control de cumplimiento de normas técnicas sobre la protección ambiental, la seguridad de alimentos y de medicinas, y los casos en que la sociedad haya decidido que algunos servicios son bienes de mérito, como podría ser en muchos países la extensión agrícola para pequeños produc-

tores.

El caso más controversial es el financiamiento de la educación superior y una razón de ello es que se trata de un bien mixto con algunas características de bien público y otras de privado. Los estudiantes incrementan de tal forma sus posibilidades de obtener ingresos que la apropiación privada de beneficios de la educación superior compensa los costos totales de la misma en numerosas carreras. Sin embargo, esto no es así en algunos campos y, de manera especial, en la formación de científicos y otros investigadores de alto nivel, donde suele haber además beneficios grandes a la sociedad de los que no puede apropiarse el beneficiario directo de los estudios. Si bien en la práctica suele ser difícil cuantificar esas características, la solución general va en la dirección de cobrar a los beneficiarios directos por aquellos beneficios de los cuales pueden apropiarse ellos en su propio provecho, al mismo tiempo que se utilizan recursos públicos para el financiamiento de las externalidades. Los cobros a los beneficiarios deben ser complementados con formas de postergación del pago, como el crédito estudiantil, para quienes lo necesiten.

Lo anterior conviene también desde el punto de vista de la equidad social, especialmente en América Latina, por su mala distribución de los ingresos, por la magnitud de las necesidades básicas insatisfechas y porque el acceso a la educación superior sólo ocurre después de un proceso de filtración en los niveles inferiores del sistema educativo que elimina primero a los más pobres. También a las propias instituciones públicas de este nivel puede convenir diversificar su base financiera, sin depender tanto como en el pasado de los recursos del fisco, con los riesgos de inestabilidad y estancamiento que ello tiene y que ya experimentaron en su historia reciente. El problema para lograr un equilibrio más razonable entre financiamiento público y privado en las grandes universidades públicas de la región no parece ser tanto teórico como político. Por otra parte, la educación superior en América Latina se privatizó en gran medida y eso parece haber generado un problema de reducción de la calidad

promedio de los estudios ofrecidos, por la gran proliferación de instituciones sin recursos que se formaron y están operando. Es posible que la solución de este problema de interés social, pues afecta la competencia de la base de recursos humanos, también requiera un mejor equilibrio entre financiamiento privado y público, aunque las proporciones entre uno y otro no pueden ser las mismas, naturalmente, en ambos tipos de instituciones.

Pasando al financiamiento de las actividades de innovación en las empresas, las características del mercado financiero y los incentivos que existan en cada país tienen especial importancia en la determinación del nivel de la I&D privada, pues de ellos depende si existen o no mecanismos para proporcionar recursos a quienes quieren y pueden innovar, más allá de las empresas grandes y los individuos con cuantioso capital. El caso es que una proporción significativa del desarrollo tecnológico actual es generada por ***empresas pequeñas y emergentes (start-ups)***, integradas por grupos de personas altamente capacitadas en áreas científico-técnicas y frecuentemente provenientes de actividades académicas, que se asocian para explotar una idea con potencial comercial. El gran problema de estas empresas suele ser que cuentan con muy poco capital inicial; por eso es vital para ellas el acceso a por lo menos una fuente de recursos.

En los países desarrollados las formas de financiación pueden ser ***incentivos a la innovación*** como el ***subsidio gubernamental*** directo a la I&D y el apoyo por vía de reducción o postergación de impuestos, la inversión de ***capital de riesgo*** y el ***crédito*** de bancos y otras entidades financieras. Cual de esas fuentes de recursos se emplea depende de las particularidades del proyecto, como grado de riesgo, plazo de maduración de la I&D, interés público y generación de externalidades. Algunas formas de ayuda gubernamental, como los ***incentivos fiscales*** (o subsidios a las ganancias) y los ***subsidios a la producción*** pueden ser útiles para la innovación continua de empresas bien establecidas, pero no tanto para las emergentes pues éstas deben hacer I&D y llegar a la etapa de producción

antes de poder beneficiarse de ese tipo de incentivos.

En América Latina y el Caribe son muy escasas las fuentes de recursos para la I&D y otras actividades de innovación tecnológica. Los fondos de desarrollo tecnológico, cuando existen, son generalmente pequeños e incipientes. Hay muy pocas firmas especializadas de capital de riesgo que inviertan en el desarrollo de tecnologías, salvo como excepción en alguno que otro país. Los plazos de los créditos y las exigencias de garantía del sistema financiero normalmente impiden financiar I&D de empresas pequeñas competentes para realizarlos. Los bancos y demás instituciones financieras habitualmente no tienen interés ni capacidad de evaluar el potencial comercial, ni mucho menos el social, de una nueva idea tecnológica, ni las posibilidades técnicas de los proponentes de explotarlo. Consecuentemente, ese potencial vale cero a la hora de suministrar los créditos. Por todo ello, el ***volumen de recursos*** destinado a esfuerzos de innovación de las empresas es ***muy inferior a lo que podría ser y conviene a la sociedad***.

Los ***principios de solución*** del restrictivo escenario financiero de la región son los siguientes: cuando las externalidades, los períodos de gestación y los riesgos tecnológicos de un proyecto de I&D son grandes, el subsidio gubernamental complementario a los recursos propios de la empresa es el instrumento más adecuado para apoyarlo. Hay que subrayar que no se trata, naturalmente, de subsidios indiscriminados, sino muy selectivos para superar los obstáculos recién indicados. Un proyecto con bajo riesgo y período razonable de maduración de resultados de la I&D, cuyos productos puedan ser plenamente apropiados por la empresa, no necesita subsidio sino crédito. Si el mercado financiero es demasiado imperfecto para suministrarlo, el Estado debería corregir esa situación, incluso mediante el establecimiento de fondos específicos para el financiamiento de ese tipo de proyectos. Entre uno y otro caso extremo suelen presentarse diversas situaciones intermedias que, en principio, podrían resolverse mejor mediante la

inversión de capital de riesgo. Al faltar, sin embargo, esa clase de inversionistas, es necesario emplear temporalmente otras alternativas que provean recursos, como formas especiales de crédito de riesgo compartido y establecimiento de sociedades mixtas de capital de riesgo que promuevan en el país esa manera de invertir. El desarrollo de todo lo anterior implica un proceso de aprendizaje de la sociedad, que incluye tentativas, fracasos y aciertos.

Los principios de solución recién señalados admiten, por supuesto, diversas formas de concreción y *modalidades de operación*. Se deben evaluar más las experiencias financiadas por el Banco y otras que existen en la región (p. ej. la Fundación Chile) y fuera de la región (p. ej. las sociedades mixtas de capital de riesgo de Corea, los subsidios en Israel, etc.) para ver qué funciona mejor en distintos contextos y para diferentes propósitos. Por ejemplo: a) las modificaciones menores de procesos de producción, y b) las innovaciones de producto más complejas, pueden requerir formas de financiamiento completamente distintas. La eficacia de los medios puede depender también del tamaño, tipo, madurez y otros factores propios de la empresa. El punto principal es que se debe *ampliar significativamente el financiamiento a la innovación tecnológica de las empresas* de la región, procurando inducir un aumento grande de su propia inversión en I&D. A continuación se discuten mecanismos específicos de financiamiento, tanto para instituciones que producen C&T como para empresas productivas que las utilizan.

B.

Mecanismos de financiamiento orientados a la oferta de C&T

Asignaciones presupuestarias a instituciones de ejecución de C&T. Este es el mecanismo más tradicional y consiste en otorgar una partida presupuestaria anual o transferencia no reembolsable del Estado a las entidades que directamente llevan a cabo las actividades, como universidades e institutos de investigación. Este mecanismo sirve para garantizar la sobrevivencia de dichas

instituciones, permitir la continuidad de los trabajos y reducir al máximo el tiempo gastado en administración financiera. También proporciona un ámbito de autonomía al trabajo académico, siempre que se trate de asignaciones estables. Sin embargo, este instrumento no contiene en sí mismo ningún incentivo a la productividad ni a la adecuación del producto a las necesidades de los potenciales usuarios. Es posible añadir mecanismos de evaluación periódica de los resultados, pero no suele ser muy fácil conectar los resultados de tales evaluaciones con cambios presupuestarios subsiguientes.

Concursos de proyectos de I&D y servicios. En este caso se trata de recursos que se asignan en régimen de competencia abierta, con "evaluación de pares" o colegas (*peer review*). Las propuestas de los interesados compiten entre sí, de acuerdo a procedimientos y bases de concurso previamente publicados; las decisiones son adoptadas por comités de expertos, por áreas del conocimiento, cuya responsabilidad es juzgar imparcialmente sobre la calidad y el mérito relativo de los proyectos sometidos a su consideración. Este mecanismo, como se indicó anteriormente, ha demostrado su eficacia en muchos países para establecer y mantener patrones rigurosos de calidad de I&D. El procedimiento crea fuertes incentivos al esfuerzo y al rigor científicos. Sin embargo, también crea un alto grado de incertidumbre si no se combina con mecanismos más estables y puede generar discontinuidades y traumas que no son buenos para la productividad de largo plazo. Otro problema es la tendencia a beneficiar a los grupos más avanzados y concentrar en ellos excesivamente el financiamiento, ya que los investigadores más experimentados se presentan mejor en los concursos; esto dificulta el apoyo a los grupos emergentes y el desarrollo de nuevos núcleos con potencial y posibilidades en el futuro. Finalmente, este mecanismo se revela mejor para financiar ciencia que tecnología pues está eminentemente orientado hacia la oferta; su empleo en la generación de tecnologías y en los servicios puede ocasionar desperdicios en forma de instalaciones, prototipos y procesos subutilizados.

Concursos condicionados a la demanda. Cuando se trata de I&D y servicios que buscan resultados directamente utilizables en las actividades socioeconómicas, o transferibles a dichas actividades en plazos relativamente breves, es posible condicionar la elegibilidad de los proyectos a que el proponente demuestre que hay interesados en utilizar tales resultados. Esto suele complementarse con análisis de costo-beneficio en condiciones de incertidumbre. El mecanismo funciona de la misma forma que el anterior, pero existe en este caso un vínculo con la demanda de posibles usuarios, sea de los sectores productivos o de los sociales. Los evaluadores del proyecto no sólo juzgan sobre la calidad científico-técnica de la propuesta, sino también sobre su relevancia socioeconómica y la probabilidad de lograr un impacto real en la sociedad. Con frecuencia, sin embargo, es difícil evaluar dicha probabilidad así como la seriedad del compromiso del cliente potencial de los resultados buscados. Las exigencias rigurosas a dichos clientes, como la de aportar co-financiamiento, tienden a excluir a los proyectos de alto riesgo tecnológico y a los que tienen elevados beneficios sociales que son inapropiables por quien aporta los recursos (externalidades). Exigencias muy laxas, como cartas sin compromiso, tienden a resultar inoperantes. Con todo, si lo que se busca son nuevos productos o procesos, o nuevos diseños de los mismos, éste es un mecanismo preferible al anterior. Lo contrario es cierto si se trata de avances del conocimiento con plazos previos a la aplicación más largos.

Mecanismos beca-crédito para la formación de investigadores. Los costos directos de formación de investigadores suelen ser muy altos, así como los costos de oportunidad o sacrificio de ingreso en actividades alternativas durante el período de formación de postgrado. En vista de que las expectativas de salarios futuros en las actividades de C&T no son generalmente muy altas, prácticamente todos los países tienen programas de becas u otros mecanismos de subvención de la formación de postgrado. En algunos casos, sin embargo, se pueden emplear instrumentos de crédito educativo o combinaciones como el mecanismo beca-crédito,

que se ha manifestado en la región bastante más eficaz que los programas tradicionales de becas. En este mecanismo se concede un crédito para realizar estudios a un candidato que es necesariamente presentado por una institución de C&T. La institución garantiza el empleo futuro y el candidato se compromete a trabajar a tiempo completo con esa entidad por un determinado período posterior a la finalización de los estudios. En la medida que ese compromiso se materializa, el préstamo es gradual

y proporcionalmente condonado hasta la terminación del lapso pactado. El préstamo es normalmente avalado por la institución patrocinadora o por personas radicadas en el país con empleo estable.

Financiamiento de infraestructura para C&T. En el caso de construcción de infraestructura (laboratorios, bibliotecas, centros de cómputo, etc.) para I&D, formación de postgrado y servicios científico-técnicos, no se trata del financiamiento de estas actividades de C&T sino de las instalaciones materiales necesarias para poder realizarlas. Lo que se evalúa no es el rigor científico de una propuesta de I&D, ni la posibilidad o probabilidad de lograr determinado producto o proceso, sino la necesidad de esas instalaciones para determinadas líneas estables de trabajo en C&T, la prioridad de esas líneas y el grado de utilización que dicha infraestructura tendría en diferentes plazos. En general, los mecanismos antes indicados para las actividades de C&T son también aplicables al financiamiento de la infraestructura. El financiamiento de infraestructura para entidades públicas y privadas no lucrativas puede hacerse en algunos casos mediante mecanismos competitivos, pero también hay ocasiones en que conviene la asignación directa de partidas presupuestarias de capital, cuando hay interés nacional en desarrollar o mejorar determinadas instituciones o por otras consideraciones, como falta de alternativas prácticas.

Programas de cooperación internacional. Todos los mecanismos antes señalados puedan incluir elementos de cooperación entre países en C&T. Por ejemplo, muchos proyectos de I&D se realizan

en colaboración con investigadores de otros países o con su asesoría y la mayor parte de las personas de América Latina y el Caribe que estudian postgrados en ciencias e ingenierías lo hacen fuera de la región. Existen además programas para fomentar la cooperación internacional en este

C.

Formas de financiamiento por el lado de la demanda

Fondos propios de los usuarios de la tecnología.

Las empresas se sirven de sus propios recursos para invertir en I&D y servicios científico-técnicos. Por múltiples razones referentes a fallas del mercado, dimensiones económicas, riesgos excesivos, falta de experiencia y otros, lo hacen en magnitudes muy inferiores a lo que sería deseable desde el punto de vista del interés colectivo. Sin embargo, los fondos propios siguen siendo una fuente importante de recursos para el desarrollo tecnológico. Este, además, procede en muchas ocasiones a través de una serie de pequeñas mejoras o innovaciones incrementales sucesivas que con frecuencia surgen de una I&D no institucionalizada ni formal. El corolario más importante es que las políticas públicas deben promover tanto los mecanismos complementarios de financiamiento de la I&D como las condiciones de competencia que sirven de estímulo a la creatividad y los demás aspectos de un ambiente que permita y propicie la innovación.

Capital de riesgo. En los países desarrollados han surgido inversionistas especializados en financiar el desarrollo de nuevos productos y procesos. Se trata de inversiones de alto riesgo, frecuentemente en empresas nuevas y de talla modesta, que tienen retornos extremadamente elevados cuando la I&D logra lo propuesto. En América Latina y el Caribe no hay todavía este tipo de inversionistas, excepto en casos fortuitos, entre los que se destaca la *Companhia Riograndense de Participações* en Brasil.

Financiamiento directo a los usuarios de la tecnología. Este mecanismo transfiere recursos

del Estado, mediante una institución especializada o un fondo de desarrollo tecnológico, a quienes están interesados en emplear una nueva tecnología, ya sea que pretendan generarla o adaptarla en sus propios laboratorios o contratar su desarrollo con entidades especializadas en I&D, o prestar algún servicio científico-técnico. De esta forma se puede maximizar la probabilidad de utilización socio-económica de los resultados de la I&D y ajustar todo el esfuerzo a las prescripciones de quienes tienen mayor conocimiento práctico de los procesos productivos y sus necesidades. Por ello, este mecanismo suele ser el más eficaz para generar nuevos productos y procesos o modificaciones de los mismos. Sus principales limitaciones en la región se derivan de la escasa tradición y capacidad de I&D de los sectores productivos y de su aversión al riesgo que es inherente a esta actividad. Los recursos pueden transferirse como fondos perdidos (transferencias no reembolsables) mediante concursos, o como préstamos con o sin elementos de subvención. Un riesgo importante es el de utilizar escasos recursos públicos en subsidios injustificados que favorecen exclusivamente a intereses privados. ***Por otra parte, el aprendizaje de la innovación en una economía no acostumbrada a la I&D tiene en sí mismo un fuerte interés público.*** En general, las subvenciones de una parte del costo de un proyecto se justifican cuando existen externalidades, riesgos grandes y plazos largos de maduración de la I&D.

Exenciones fiscales. Mediante este mecanismo se permite deducir de la renta para efectos del pago de impuestos las inversiones que las empresas realizan en I&D. La lógica de este mecanismo es igual a la de las subvenciones gubernamentales directas a la I&D, pero tiene por lo menos dos características diferentes. En primer lugar, el mecanismo sólo

opera adecuadamente con empresas modernas bien establecidas que ya se encuentran obteniendo ganancias. No funciona bien en el caso de pequeñas empresas emergentes, formadas para explotar una idea con potencial comercial, pues éstas deben cubrir los costos de la I&D y llegar a la etapa de producción antes de poder beneficiarse de este tipo de incentivos. Por otra parte, comparado con la evaluación caso por caso de la subvención directa, el mecanismo distingue menos en cuáles casos el grado de interés público en la I&D justifica la utilización de recursos públicos. Se trata, por lo tanto, de un mecanismo más automático, menos selectivo y quizás menos eficaz en el contexto de la región.

D. Objetivos sugeridos de las operaciones del Banco

A continuación se sugieren los objetivos generales que debería buscar una estrategia del Banco en sus operaciones de financiamiento, si bien en cada operación se debe atender a las particularidades de cada país y situación, combinando flexiblemente dichos objetivos.

Elevar y reorientar el esfuerzo nacional de I&D. Se debe incrementar la proporción del PNB de cada país que se destina a I&D hasta llegar a niveles internacionalmente aceptables. Al mismo tiempo se debe reorientar el esfuerzo público para que realice lo que el mercado no puede hacer y para crear condiciones que permitan la elevación aún más rápida del gasto privado en I&D. Es necesario establecer y mantener un balance adecuado entre la "capacidad generalizada" para realizar investigación de alta calidad en una variedad de campos disciplinarios y las "capacidades especializadas" que se requieren selectivamente en algunos campos temáticos de especial interés para el desarrollo económico y social de cada país. El equilibrio requerido puede variar mucho entre países y entre distintas épocas en el mismo país. Algunas áreas importantes de I&D en todos los países son las relacionadas con la satisfacción de necesidades básicas de la población de bajos

ingresos (educación, salud, nutrición, vivienda, etc.), el manejo racional de los recursos naturales y la protección del ambiente.

Asegurar una mayor correspondencia entre la oferta y la demanda de C&T. Las estrategias anteriores en este campo han privilegiado el lado de la oferta. Los resultados no han sido malos ni insignificantes; era necesario preparar recursos humanos, crear instituciones y desarrollarlas. Sin embargo, se produjo también ineficiencia en forma de una producción que no encuentra consumidores, de tecnologías que se producen porque hay científicos y presupuestos y no porque alguien esté dispuesto a utilizarlas. Por eso, en aquellos países de la región que ya han creado un grado apreciable de capacidades en C&T conviene ahora estimular directamente la demanda (utilización), más que la oferta (producción) de conocimientos y técnicas, para aprovechar mejor la capacidad instalada y orientar selectivamente el crecimiento de la misma. En términos prácticos esto significa que los financiamientos se concedan a los usuarios de la tecnología y a los productores de la misma que logren establecer contratos con quienes vayan a utilizarla. Por otra parte, en muchos países es necesario ampliar considerablemente la capacidad de ofrecer para que la oferta pueda responder en forma significativa a los requerimientos de la demanda.

Promover la difusión de tecnologías adecuadas a las condiciones de cada lugar. Es importante difundir tecnologías ya existentes que eleven la competitividad de las empresas de la región, y particularmente de las pequeñas. Este objetivo implica fortalecer un conjunto de mecanismos de información y transferencia tecnológica, incluyendo los denominados servicios científico-técnicos (análisis de laboratorio, consultoría, normas, metrología, control de calidad, etc.), la conexión con redes internacionales de información, los esfuerzos de adaptación de tecnologías foráneas, el desarrollo de centros tecnológicos sectoriales, la capacitación técnica del personal y la infraestructura necesaria para todo ello.

Fomentar la I&D propia de las empresas. El aumento de las capacidades de gestión en los sectores productivos y el mantenimiento de condiciones de competencia en la economía, incrementarán la demanda de conocimientos y técnicas por parte de las empresas. Una dificultad importante para aumentar la propia I&D de éstas, que el Banco puede ayudar a superar, radica en que los instrumentos financieros existentes en la banca privada de la región no son adecuados para este propósito, no sólo por problemas frecuentes de plazo y garantía sino porque ignoran las fallas del mercado (externalidades de la I&D, indivisibilidades, riesgos excesivos, etc.) y las necesidades de construcción del mercado de servicios técnicos y financieros para la innovación tecnológica.

Corregir deficiencias en la disponibilidad de recursos humanos. Si bien la educación de buena calidad en todos los niveles es un pre-requisito para que haya un adecuado desarrollo en C&T, el mejoramiento generalizado de la calidad de las actividades e instituciones del sector es propio de una política de educación. Sin embargo, en la región existen déficit de recursos humanos calificados, particularmente en las ciencias naturales y las ingenierías, que van desde muy severos y extensos en los países más pequeños y pobres, hasta puntuales o limitados a ciertas áreas en los países de mayor tamaño y desarrollo relativo. La corrección de tales situaciones es crucial para la eficacia de una estrategia de C&T en la región; por eso el Banco debe atender dentro de los programas en este campo acciones e inversiones adecuadas a la situación de cada país, que contribuyan a satisfacer esa condición necesaria. Esto puede incluir, por ejemplo, programas de beca-crédito para la especialización en el exterior de científicos e ingenieros, con precauciones razonables para asegurar su reingreso al país respectivo, y el fortalecimiento de algunos postgrados nacionales.

Coordinar las políticas públicas y crear incentivos para la colaboración sistémica entre agentes del SNI. Es necesario fortalecer la interacción entre empresas, universidades, instituciones financieras y entidades del Estado. La coordina-

ción de políticas públicas se refiere no sólo al financiamiento de la I&D sino también a evitar incoherencias y aprovechar complementariedades entre distintas acciones del Estado, así como asegurar que los incentivos de mercado y fuera del mercado sean los correctos. Por ejemplo, es importante considerar si los productores locales están operando con grandes desventajas respecto a los de otros países o sí, por el contrario, hay reservas de mercado que anulan la competencia y los incentivos a la eficiencia. Algunos instrumentos de política que pueden tener una fuerte incidencia en el desarrollo tecnológico son las leyes y prácticas administrativas referentes a la propiedad intelectual, las compras del Estado y el trato a la inversión extranjera. Naturalmente, las políticas educativas y las culturales (popularización de la ciencia) tienen una directa relación con las posibilidades de avanzar en C&T. El Banco puede contribuir a estos objetivos a través de diálogos entre agentes interesados (*stakeholders*), pues en la medida que se logra una visión compartida del futuro en dichos agentes se facilita la obtención de todos los demás objetivos. También puede apoyar, mediante análisis y condicionalidades de política de los programas que financie, un enfoque que identifique las interacciones clave de las partes del SNI para robustecer la sinergia del conjunto.

Apoyar la cooperación internacional en C&T. La colaboración en este campo entre los países de la región ha sido escasa. El Banco puede contribuir a incrementarla y mejorarla mediante proyectos de cooperación técnica regional y, también, a través de componentes de programas nacionales que incluyen diversos tipos de intercambio entre el país prestatario y otros países miembros del BID.

E.

Componentes típicos de un programa de C&T financiado por el BID

En esta sección se ofrece una tipificación de los componentes que podría incluir un proyecto o programa financiado con un préstamo del BID. Supuesto el cumplimiento de los requisitos generales de una operación del Banco, las inversiones y

acciones de C&T contempladas en el programa financiado pueden agruparse en siete grandes tipos de componentes, los que a su vez pueden combinarse flexiblemente de diversas formas en determinado préstamo: (i) fondos de desarrollo tecnológico; (ii) fondos concursables para el financiamiento de proyectos de investigación y servicios científico-técnicos; (iii) capacitación de recursos humanos; (iv) fortalecimiento de la infraestructura; (v) difusión tecnológica; (vi) información y divulgación y (vii) estudio y coordinación de políticas del SNI.

En vista de que los programas financiados mediante préstamos del Banco frecuentemente incluyen un número grande de sub-financiamientos relativamente pequeños que transfieren los recursos financieros a los usuarios finales, suelen establecerse líneas de crédito, administradas por una entidad financiera u organismo del país (organismo ejecutor), de acuerdo a criterios y procedimientos mutuamente convenidos. Para evitar la confusión de términos se entenderá en adelante que los "proyectos" son los que se realizan con los sub-financiamientos, y el "programa" es el conjunto de todos ellos al que se destina el financiamiento del Banco. A continuación se especifican varios aspectos aplicables a los sub-financiamientos.

(i) Fondos de desarrollo tecnológico

Un fondo de desarrollo tecnológico es una línea de crédito establecida en un país para apoyar financiera y técnicamente la realización de proyectos que generan o introducen innovaciones tecnológicas; es decir, mejoras de producto o de proceso que son nuevas para las unidades que producen los respectivos bienes y servicios. Las actividades elegibles son la I&D, la capacitación de personal y los servicios científico-técnicos. Los costos financieros del proyecto incluyen sólo los de inversión y los gastos incrementales de operación, durante el período de ejecución, que son necesarios para el logro de los objetivos buscados. Las entidades elegibles son las empresas que operan en el país. Se distinguen a continuación tres posibles tipos de sub-financiamiento para proyectos de desarrollo tecnológico.

Préstamos de reembolso obligatorio. En este caso los bienes adquiridos y los logros alcanzados mediante el financiamiento son propiedad de la entidad beneficiaria del préstamo; pero ésta se obliga a reembolsar la totalidad del préstamo y sus cargos financieros, en condiciones de tasas reales positivas de interés. Esta modalidad es particularmente adecuada para proyectos en la etapa de desarrollo experimental, con nula o baja incertidumbre técnica, y para proyectos de servicios científico-tecnológicos no gratuitos.

Financiamientos de riesgo y beneficio compartidos. Se diferencia esta modalidad de préstamos de la anterior en que los logros y beneficios derivados del proyecto, de ser éste exitoso, se reparten entre la empresa beneficiaria y el organismo que la financia en proporciones pre-fijadas; pero si el proyecto no logra los resultados buscados, el organismo ejecutor puede condonar una proporción pre-fijada del financiamiento a la entidad beneficiaria. La intención de esta modalidad es ajustarse a requerimientos financieros propios de proyectos de investigación aplicada con altos riesgos para la obtención de los resultados buscados, pero también con posibilidades de materializar un elevado beneficio apropiable. Básicamente, esta modalidad procura hacer lo mismo que harían inversionistas de capital de riesgo si existiesen; cuando sea posible se apoyará, alternativamente, la creación y el fortalecimiento de fondos de capital de riesgo, en aquellos aspectos que no sean impedidos por limitaciones legales del Banco.

Subvenciones. En este tipo de operación la entidad beneficiaria no está obligada a reembolsar el monto del financiamiento, pero los logros del proyecto son co-propiedad del organismo ejecutor. Esta modalidad es adecuada para proyectos de investigación básica y para proyectos de investigación aplicada en etapas no inmediatas de transferibilidad a la actividad productiva o cuando hay fuertes externalidades y resulta difícil la apropiación del beneficio económico a la entidad que realiza el proyecto. Es también adecuada esta modalidad para proyectos de servicios científico-tecnológicos que, por su naturaleza, son prestados

gratuitamente.

(ii) ***Fondos concursables para el financiamiento no reembolsable de proyectos de investigación y servicios.***

Se establecen concursos periódicos (por ejemplo, anuales), abiertos a todos los interesados que son elegibles en el país, con bases detalladas previamente publicadas. Los miembros de la comunidad de investigación que trabajan en instituciones académicas, institutos y organismos del Estado, y entidades privadas no lucrativas, son elegibles para concursar. Todas las propuestas recibidas son evaluadas por especialistas internacionales de la materia respectiva, con criterios de excelencia (evaluación científica o técnica) y por expertos (principalmente economistas) del país con criterios de relevancia para el desarrollo (evaluación económica). La decisión final la toman comisiones de jueces establecidas por el organismo ejecutor.

A los efectos del análisis económico de los proyectos se distingue entre tres tipos: (a) proyectos de investigación cuyos resultados pueden ser inmediatamente transferidos al aparato productivo; (b) proyectos de investigación sin transferencia inmediata de resultados; y (c) proyectos de servicios científico-técnicos.

Se entiende que un proyecto de investigación es de transferencia inmediata cuando se puede prever razonablemente que el plazo entre el logro de los resultados buscados por el proyecto (al final de la investigación) y la introducción de éstos en el proceso productivo, sería equivalente a, o menor de determinado plazo (por ejemplo, cuatro años). Se considera que dicha introducción ocurre cuando se inician las inversiones en planta y equipos requeridas en la producción del respectivo bien o servicio o, si se trata de una innovación que no requiere tales inversiones, al inicio de esa producción.

Los proyectos de transferencia inmediata deben ser evaluados mediante un análisis de costo-beneficio

en condiciones de incertidumbre, que utilice distintos rangos de probabilidad para los valores inciertos. Los proyectos de investigación cuyos resultados no puedan ser inmediatamente transferidos al aparato productivo pueden sujetarse a un análisis de pertinencia para otras posibles investigaciones de transferencia inmediata. En los proyectos de servicios científicos y técnicos debe utilizarse un análisis de la demanda por tales servicios y, cuando se pueda cuantificar los beneficios de estos proyectos, conviene también emplear un análisis de costo-beneficio.

Para que un proyecto sea elegible debe satisfacer los siguientes criterios generales: (a) el análisis del proyecto debe mostrar que la investigación o los servicios propuestos son pertinentes al desarrollo del país; (b) el proyecto debe contar con personal idóneo para realizarlo y, si se trata de una investigación, ésta debe tener razonables posibilidades de alcanzar los resultados buscados, considerando el rigor metodológico de la propuesta y los recursos con que contaría el proyecto, de ser aprobado; (c) en el caso de proyectos de investigación con transferencia inmediata, se debe demostrar que por lo menos una empresa o entidad usuaria tiene interés en la adopción de los resultados, de ser exitosa la investigación; (d) los proyectos de investigación sin transferencia inmediata deben tener vinculaciones importantes con otros campos de investigación susceptible de obtener aplicaciones inmediatas y deben orientarse a fortalecer las bases de estos últimos. Entre los proyectos elegibles se establece una jerarquización por dos variables: calidad e impacto socioeconómico potencial. La ponderación entre las dos variables depende de los jueces y puede variar por áreas temáticas y también entre países.

Para asegurar que la ejecución del programa se ajusta a las prioridades del desarrollo socioeconómico del país y a la vez evitar un esquema rígido de condiciones que entorpecería la ejecución, es importante elegir bien las variables de control que son exigidas contractualmente, además de los criterios de elegibilidad antes señalados. Por ejemplo, conviene limitar el volumen máximo de

recursos del programa que puede destinarse a proyectos de investigación sin transferibilidad inmediata, y establecer un límite máximo de financiamiento que puede otorgarse a determinado proyecto de investigación o servicios.

Las muestras de proyectos sirven para ilustrar la aplicación de los criterios y procedimientos que se acuerdan, también para inferir características del conjunto de proyectos que serán financiados y para asegurar una disponibilidad adecuada de proyectos listos para ser realizados. El Banco debe requerir la presentación de algunos proyectos potenciales de los fondos concursables, así como de los fondos de desarrollo tecnológico del componente anterior. Dichas muestras deben ser analizadas detalladamente antes de la aprobación del préstamo.

(iii) *Capacitación de recursos humanos*

Los programas pueden incluir recursos destinados a la capacitación de personal de centros de investigación y servicios, públicos y privados, incluyendo los de empresas. Estos recursos son administrados normalmente por un organismo central de ciencia y tecnología del país. La capacitación puede llevarse a cabo en programas académicos regulares (maestrías, doctorados y postdoctorados) o en diversos tipos de pasantías y cursos breves (hasta de un año), en cualquier país miembro del Banco.

El organismo ejecutor distribuye los recursos del componente de acuerdo a un plan acordado con el Banco que suele utilizar la modalidad de beca-crédito. En esta modalidad: (a) el financiamiento no es una donación, sino un crédito especial; (b) si la entidad que respalda al candidato es una empresa lucrativa, el crédito no es condonable; (c) si la entidad es gubernamental, o privada sin ánimo de lucro, el crédito puede condonarse bajo determinadas condiciones; (d) estas condiciones incluyen el cumplimiento del becario de la obligación de trabajar a tiempo completo, por un tiempo pre-fijado con el centro de investigación o servicios que

solicitó la beca-crédito.

Para que una solicitud de beca-crédito pueda ser aprobada con recursos del programa, dentro del componente de capacitación de recursos humanos, normalmente debe cumplir con los siguientes criterios de elegibilidad: (a) la beca-crédito debe ser solicitada por un centro de investigación o servicios; (b) los centros solicitantes deben llevar a cabo actividades científico-tecnológicas en áreas relevantes para el desarrollo del país. Deben, además demostrar que requieren la beca-crédito para satisfacer necesidades de recursos humanos dentro de determinado plazo (por ejemplo, en los cinco años siguientes a la fecha de solicitud) y asegurar que emplearán al becario por un período igual o mayor a dos veces el tiempo de los estudios propuestos; (c) las becas-crédito se otorgan sólo en la disciplinas de las ingenierías y tecnologías o de las ciencias naturales, exactas, agrícolas y médicas y (d) no se otorgan becas-crédito al exterior del país cuando los respectivos campos de estudio son ofrecidos localmente al nivel requerido; y (e) los candidatos deben contar con estudios previos y características de competencia e idoneidad adecuados a los estudios propuestos y deben comprometerse a trabajar con el centro solicitante por un período no inferior a dos veces el tiempo de estudios.

Con miras a dar dimensiones adecuadas y precisar el contenido de este componente, el Banco debe solicitar la realización de una encuesta y un análisis sobre necesidades de recursos humanos de los principales centros de investigación y servicios del país.

(iv) *Fortalecimiento de infraestructura*

Los programas de ciencia y tecnología pueden incluir componentes para la creación o ampliación de infraestructura propia de este campo. El fortalecimiento de la infraestructura se refiere a la construcción o ampliación y el equipamiento de laboratorios de investigación y otras instalaciones físicas de envergadura que son requeridas para la

realización de actividades científicas y tecnológicas, incluyendo la docencia de postgrado y servicios tales como normalización, metrología, control de calidad, meteorología, microscopía, cómputo, y documentación, de entidades públicas o privadas.

Dadas la magnitud y especificidad de las inversiones en infraestructura de tales actividades, el Banco normalmente debe solicitar que se identifiquen y justifiquen todas las inversiones incluidas en este componente, a la manera de un conjunto de proyectos específicos. Sin embargo, cuando no se trata de crear grandes elementos infraestructurales sino más bien de reforzar y ampliar puntualmente algunas unidades existentes, es posible proceder a la manera de un concurso de proyectos.

Para la inclusión de determinado proyecto de infraestructura se requiere que cumpla los siguientes

(v) *Difusión tecnológica*

Los financiamientos del Banco pueden incluir componentes para el establecimiento o fortalecimiento de mecanismos para el asesoramiento tecnológico y la difusión de tecnologías, especialmente orientados a pequeñas y medianas empresas. A tal efecto se podrá apoyar la creación de centros o unidades especiales ad-hoc en cámaras empresariales, asociaciones sectoriales, universidades y otras instituciones de generación de conocimientos y técnicas. Estas unidades podrán llevar a cabo servicios de información y asistencia técnica, vinculación entre entidades de I&D y empresas, y otras labores de extensionismo tecnológico.

(vi) *Información y divulgación*

Los programas financiados por el Banco pueden incluir componentes de información y divulgación científica y tecnológica. Esto comprende el fortalecimiento de centros de información, la creación de redes entre ellos y su conexión con otras, como INTERNET. También comprende la publicación de libros, revistas, CD-Roms, mensajes por diversos medios de comunicación y otras actividades específicamente orientadas a poner a disposición de

criterios: (a) las inversiones deben ser imprescindibles para realizar un programa estructurado de investigaciones, docencia de postgrado o servicios científico-técnicos en las áreas elegibles para la asignación de los recursos del préstamo; (b) debe existir una demanda por los servicios que ofrecería el proyecto equivalente o mayor (dentro de un plazo razonable) a la capacidad total generada por el proyecto; y (c) el incremento de gastos recurrentes originado por el proyecto debe ser en lo posible cubierto mediante el aumento de ingresos proveniente de venta de servicios u otras formas de recuperación de costos, excepto cuando se trate de servicios públicos gratuitos o de investigación cuyos resultados no puedan ser transferidos a las actividades socioeconómicas.

los usuarios informaciones científicas y técnicas. Puede también incluir ferias, exhibiciones, premios científicos, competencias estudiantiles, eventos internacionales y otros mecanismos que contribuyan a la popularización de la ciencia y la tecnología, como componentes propios de la cultura nacional.

(vii) *Estudio y coordinación de políticas del SNI*

Los programas pueden incluir, además, estudios de toda la gama de asuntos considerados en este documento, mecanismos de diálogo y gestación de consenso entre los agentes del desarrollo en este campo y esfuerzos de coordinación de las políticas públicas que más afectan al SNI, incluyendo, entre otras, las referentes a la propiedad intelectual, normas técnicas, compras del Estado, vinculación universidad-empresa y remuneraciones de los investigadores.

La tipificación de componentes se ha tratado, por su naturaleza, con un alto nivel de generalidad. El sentido de esos componentes se especifica más en los capítulos referentes a los distintos tipos de países y en el análisis de las interfaces de la C&T.

Sin embargo, cada país tiene sus particularidades y cada situación histórica es única e inmensamente rica. No hemos tratado de reducir esa riqueza a

moldes y comportamientos que obedezcan a fórmulas simples, sino sugerir caminos que sólo los países pueden andar, reinventándolos siempre.

- VI -

Epílogo

Según una sugerencia de sabiduría práctica que se escucha con frecuencia pero que rara vez o nunca se encuentra escrita, los países pequeños y pobres no deberían invertir en ciencia porque “no hay que gastar en caviar cuando hacen falta las tortillas”; es decir, algunos juzgan que la ciencia es una especie de lujo no adecuado para países que tienen grandes necesidades básicas insatisfechas. De acuerdo a otra sugerencia paralela, los países grandes no deben preocuparse mucho por la tecnología porque el mercado, según esa persuasión, suministra espontáneamente toda la que se necesita.

Comenzando por la última sugerencia, es teórica e históricamente demostrable que la afirmación en que se basa no es correcta, de manera que la prescripción no presenta evidencia alguna en respaldo de lo que sostiene. No se trata, además, de impedir que el mercado haga lo que pueda hacer, sino de complementarlo para lograr mucho más. En cuanto a las tortillas, la ciencia puede contribuir

grandemente a incrementar su disponibilidad; y a los países pobres les hace falta lo más elemental justamente porque todavía no trabajan sacándole provecho al conocimiento científico. Pensando en el futuro de estos países con un horizonte amplio, negar la necesidad de una modesta infraestructura científica propia es sugerirles, se pretenda o no, que vivan siempre postrados y subordinados. ***Este documento llega a las conclusiones precisamente inversas a las de esas recetas no escritas*** que, sin embargo, inciden bastante en las políticas de los gobiernos.

En lo referente al Banco, siempre que los países quieran su colaboración, la mejor ayuda que puede darle a los pequeños y pobres es contribuir a la construcción gradual y realista de las bases sólidas de su propia capacidad en este campo; y a los países mayores y no tan pobres a los que ya les ayudó un poco a hacer lo anterior, debería ahora ayudarles a seguirlo solidificando y a utilizarlo mejor.

REFERENCIAS

- Abeledo, C., (1990). *Linking R&D to Industry: The Latin American Experience*. Typescript.
- Abeledo, C., (1985). *Vinculaciones entre Laboratorios Patrocinados por el CONICET y el Sector Productivo en Argentina*. Trabajo presentado en Seminario Internacional sobre Vinculaciones Institucionales para el Desarrollo Tecnológico, São Paulo, noviembre de 1985.
- Abramovitz, M. (1956). "Resource and Output Trends in the U.S. since 1870". *American Economic Review*. Papers and Proceedings, 46.
- Arocena, R. y Bortagaray, I. (1996). *Competitividad ¿Hacia Dónde Puede Ir Uruguay?*. Montevideo: CIESU.
- Arregui, P. (1988). "Indicadores Comparativos de los Resultados de la Investigación Científica y Tecnológica en la América Latina". En *Progreso Económico y Social en América Latina. Informe 1988*. Washington, D.C.: BID.
- Arrow, K. (1962). "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Inventions". In Nelson, R.R. (ed), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Bailey, T., y Eicher, T. (1994). "Educación, Cambio Tecnológico y Crecimiento Económico". *La Educación*. Año XXXVIII, No. 119.
- Banco Interamericano de Desarrollo (1995). Política No. OP-743 (Educación), No. OP-744 (Ciencia y Tecnología) y No. OP-721, numeral 2 (Sector Agropecuario, Investigación y Extensión). *Manual de Políticas Operativas*. Versión revisada de marzo de 1995.
- Banco Interamericano de Desarrollo (1994). *Informe sobre el Octavo Aumento General de los Recursos del BID*. Documento A-1704.
- Banco Interamericano de Desarrollo (1988), Apéndice Estadístico sobre Ciencia y Tecnología. En *Progreso Económico y Social en América Latina. Informe 1988*. Washington, D.C.: BID.
- Banco Interamericano de Desarrollo (varios años). Informes de Proyecto citados por su respectivo número de identificación: 109/IC-CO, 110/IC-CO, 435/OC-BR, 715/SF-BR, 515/OC-AR, 544/OC-CR, 588/OC-CO, 604/OC-VE, 620/OC-BR, 646/OC-UR, 647/OC-UR, 672/OC-CH, 679/OC-RG, 680/OC-RG, 681/OC-RG, 802/OC-AR, 804/OC-ME; 874/OC-EC, 875/OC-CO y 880/OC-BR.
- BID/SECAB/CINDA, (1990) *Vinculación Universidad/Sector Productivo*. Santiago de Chile: CINDA (Centro Interuniversitario de Desarrollo).
- BID (1995). *Misión al Uruguay sobre Ciencia y Tecnología; Ayuda de Memoria* de 10 de octubre de 1995.
- Bifani, P., (1988). "Biotecnología: Perspectiva General y Desarrollos en América Latina". En *Progreso Económico y Social en América Latina. Informe 1988*. Washington, D.C.: BID.
- Branscomb, L. (1995). "United States Science and Technology Policy: Issues for the Nineties". In *Science and Technology in Brazil: A New Policy for a Global World*. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas.

- Brooks, H. (1986), "National Science Policy and Technological Innovation". In Landau, R., and Rosenberg, N. (Ed.). *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Brunner, J.J., (1990). "Educación Superior, Investigación Científica y Transformaciones Culturales en América Latina". En BID/SECAB/CINDA, *Vinculación Universidad / Sector Productivo*. Santiago de Chile: CINDA (Centro Interuniversitario de Desarrollo).
- Cáceres, L.R. (1994) "Costos y Beneficios de la Integración Centroamericana". *Revista de la CEPAL*. No. 54.
- Castro, C. M. (1986). *É Possível uma Tecnologia "Made in Brazil"?*. São Paulo: PROMOCET (Companhia de Promoção de Pesquisa Científica e Tecnológica Do Estado de São Paulo).
- Castro, C. M.; Levy, D.C; and Bernasconi, A.; (1996) *Higher Education in Latin America and the Caribbean: Myths, Realities and How the IDB Can Help*. Typescript.
- Centro Interuniversitario de Desarrollo (CINDA) (1987). "Modelo de Desarrollo Científico y Tecnológico". En *Financiamiento y Gestión de la Actividad de Investigación y Desarrollo en Chile*. Santiago de Chile: CINDA.
- Centro Nacional de Consultoría de Colombia (1994). *Evaluación del Programa BID. Primera Etapa*. Mimeo.
- CEPAL - UNESCO (1992). *Educación y Conocimiento: Eje de la Transformación Productiva con Equidad*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- COLCIENCIAS (1994). *Diez Casos Exitosos de Innovación Tecnológica* Bogotá: COLCIENCIAS.
- CONICIT - Costa Rica (1995). *Resultados de Proyectos de I&D*. Mimeo.
- CONICYT - Uruguay (1995). *Ciencia y Tecnología para el Desarrollo del Uruguay*. Montevideo: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.
- Cook, C. y Sagasti, F. (1987). "La Ciencia y la Tecnología durante el Decenio de los Ochenta". *Comercio Exterior*, Vol. 37, No. 12.
- CORFO (1995). *100 Proyectos Innovadores*, Santiago: Corporación de Fomento de la Producción.
- Corona Treviño, L., (1994). "Educación, Ciencia y Tecnología: Un Escenario Alternativo". *Comercio Exterior*, Vol. 44, No. 3.
- Cruz, A., y Doryan, E. (1993). *Diagnóstico Integrado sobre la Situación de la Ciencia y la Tecnología en los ámbitos Productivo, Académico y Gubernamental de Honduras*. Tegucigalpa: CONICIT/PNUD.
- Cuervo, A. y Melo, D. (1994). *Seguimiento y Evaluación Ex-post del Crédito BID-II de Colombia*. Mimeo.
- CYTED/RICYT/OEA/MERCOCYT (1996). *Indicadores de Ciencia y Tecnología 1990 - 1995*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes.
- Chamarik, S. and Goonatilake, S. (1994) *Technological Independence. The Asian Experience*. Tokio: The United Nations University.

- Chesnais, F. (1993) "The French National System of Innovation". In Nelson R.R. (Ed.), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Dahlman, C. (1995). *Technology, Development and the Role of the World Bank*. HRO Working Papers. HROWP53. Washington, D.C.: The World Bank.
- David, P. (1986). "Technology Diffusion, Public Policy, and Industrial Competitiveness". In Landau, R. and Rosenberg, N. (Ed.). *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Declaración de Cartagena y Plan de Acción*. Reunión Hemisférica de Ministros Responsables de Ciencia y Tecnología. Marzo de 1996.
- Diebold, J. (1991). *The Innovators. The Discoveries, Inventions and Breakthroughs of our Time*. New York: Truman Talley Books/Plume.
- Doryan, E. (1990). *Primera Versión de la Propuesta de Política y Programa Regional en Ciencia y Tecnología*. Mimeo.
- Doryan, E. y Alonso, E. (1991). *Informe de Cumplimiento del Numeral 18 de la Declaración Presidencial de Puntarenas acerca del Proyecto de Modernización de Tecnología de los Sectores Productivos*. Mimeo.
- Eisemon, T.O. and Holm-Nielsen, L. (1995). *Developing Capacity for Research and Advanced Scientific Training: Lessons from World Bank Experience*. ESP Discussions Paper Series. Washington, D.C.: The World Bank.
- Forsyth, D.J.C. (1990). *Technology Policy for Small Developing Countries*. The MacMillan Series of ILO Studies. London: The MacMillan Press.
- Freeman, C. and Lundvall, B.A. (Eds.) (1988). *Small Countries Facing the Technological Revolution*. London: F. Pinter Publishers.
- Frischtak, C. (1992). *Learning, Technical Progress and Competitiveness in the Commuter Aircraft Industry: An Analysis of Embraer*. Industry Series Paper No. 58. Washington, D.C.: The World Bank.
- Frischtak, C. (1996). *O Impacto do Regime de Propriedade Intelectual sobre O Desempenho Tecnológico da Indústria Brasileira*. Mimeo.
- Fundación Centro de Biosíntesis de Argentina/C.I.S. (1996). *Exposición de Diez Casos Exitosos de I&D Realizados en Argentina por Centros e Institutos del CONICET*. Mimeo
- Fusfeld, H.I. (1994). *Industry's Future. Changing Patterns of Industrial Research*. Washington, D.C.: American Chemical Society.
- Gates, B. (1996). *The Road Ahead*. New York: Penguin Books.
- Gibbs, W.W. (1995). "Lost Science in the Third World". *Scientific American*. (August, 1995).
- Hafner, K. and Lyon, M. (1996). *Where Wizards Stay Up Late: The Origins of The Internet*. New York: Simon & Shuster.
- Hamm, I. (1996). "La tecnología de los "media" como Catalizador de la Reforma Educativa" en *Educación y Desarrollo. Aprender para el Futuro*". Madrid: Fundación Santillana.

- Herrera, A. (1987). *El Nuevo Paradigma Tecnológico y América Latina: Problemas y Opciones*. Ponencia en II Seminario "Jorge Sábato" sobre Política Científica y Tecnológica; Madrid.
- Hernández Alcerro, J.R. (1995). Memorando sobre Ciencia y Tecnología, Política OP-744, dirigido al Presidente del Comité de Políticas del Directorio Ejecutivo del BID, el 16 de junio de 1995.
- Hou, Ch. M. and Gee S. (1993). "National Systems Supporting Technical Advance in Industry: the Case of Taiwan". In Nelson, R. R. (Ed.). *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Holm-Nielsen, L.; Saliba, A.; Crawford, M., (1995). *Institutional and Entrepreneurial Leadership in the Brazilian Science and Technology Sector: Setting a New Agenda*. Workshop Synopsis. Washington, D.C.: The World Bank.
- Iglesias, E.V., (1995). *La Educación Superior y el Desarrollo Económico de América Latina: Necesidad de una Nueva Cooperación entre Universidades y Empresas*. Mensaje del Presidente del BID en ocasión del 60° Aniversario de la Universidad Autónoma de Guadalajara.
- Iglesias, E.V., (1992). *Reflexiones sobre el Desarrollo Económico. Hacia un Nuevo Consenso Latinoamericano*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Instituto de Relaciones Europeo-Latinoamericanas (IRELA) (1993). *Ciencia y Tecnología en América Central*. Manchester: IRELA.
- International Institute for Management Development/The World Economic Forum (1994). *The World Competitiveness Report - 1994*. Lausanne: IMD.
- INVERTEC IGT (1995). *Evaluación de los Instrumentos Financieros de Fomento al Desarrollo Tecnológico de Chile*. Mimeo.
- Keck, O. (1993). "The National System for Technical Innovation in Germany". In Nelson, R. R. (Ed.). *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Kennedy, D., (1986), "Basic Research in the Universities: How Much Utility". In Landau R., and Rosenberg, N. (Ed.). *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Kim, L. (1993). "National System of Industrial Innovation: Dynamics of Capability Building in Korea". In Nelson R. R. (Ed.) *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. New York, Oxford: Oxford University Press .
- Kline, S.J.and Rosenberg, N. (1986). "An Overview of Innovation". In Landau, R. and Rosenberg, N. (Ed.). *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Lavados, I., (1987). "Actores Institucionales y Fuentes de Recursos para las Actividades de Investigación y Desarrollo". *En Financiamiento y Gestión de la Actividad de Investigación y Desarrollo en Chile*. Santiago de Chile: CINDA.
- Lavados M., J., (1979). "La Investigación y la Docencia en la Modernización Universitaria". En Corporación de Promoción Universitaria (Ed), *La Universidad Latinoamericana, Visión de una Década*. Santiago de Chile: CPU.

- Licha, I. (1995). *La investigación y las Universidades Latinoamericanas en el Umbral del Siglo XXI: Los desafíos de la Globalización*. Washington, D.C.: CISTP, The George Washington University.
- Malek, G., (1979). "La Ciencia y la Universidad". En corporación de Promoción Universitaria (Ed), *La Universidad Latinoamericana , Visión de Una Década*. Santiago de Chile: CPU.
- Magalhães Castro, M. H. (1996). *Estudos de Caso em Desenvolvimento Tecnológico: A Experiência da FINEP (1967-1995)*. Mimeo.
- Mansfield, E. (1986). "Microeconomics of Technological Innovation". In Landau, R. and Rosenberg, N. (Ed.). *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Marcovitch, J. (1988). *O Novo Contexto Mundial, Desafío Tecnológico e A Integração Latinoamericana*. XIII Simposio Nacional de Pesquisa de Administração em Ciencia e Tecnologia: São Paulo.
- Martín del Campo, E. (1989). "Technology and the World Economy: The case of the American Hemisphere". *Technological Forecasting and Social Change*, 35:4.
- Martínez Pavez, C. (1996). *Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología en América Latina y el Caribe*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes.
- Mayorga, R., (1978). "Eficiencia y Justicia en la Utilización de Tecnología". *Estudios Centroamericanos (ECA)*. Año XXXIII, No. 353.
- Mayorga, R. (1989). *Reduzcamos la brecha. Hacia una Estrategia Regional en Ciencia y Tecnología*. Nota Técnica del Departamento de Análisis de Proyectos, (PRA), del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Mowery, D.C. and Rosenberg, N. (1993). "The U.S. National Innovation System". In Nelson, R.R. (Ed.). *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Mullin, J., (1995) *Breaking Through Together. Prospects for Canada - Latin America Partnerships in Science and Technology*. Ottawa: Canadian Foundation for the Americas.
- National Science Foundation (NSF) (1995). *Industry/University Cooperative Research Centers: A successful Experiment*. Arlington, VA.: NSF.
- Nelson, R.R. and Rosenberg N. (1993). "Technical Innovation and National Systems". In Nelson, R.R. (Ed.) *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Odagiri, O. and Gato, A. (1993), "The Japanese System of Innovation: Past, Present and Future". In Nelson, R.R. (Ed.). *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (1995) *Science, Technology and Innovation Policies*. Denmark. Paris: OECD.
- Oro, L.A. y Sebastián, J. (1993). *Los Sistemas de Ciencia y Tecnología en Iberoamérica*. Madrid: FUNDESCO.

- Pettit, J.M. (1986). "Technological Education". In Landau, R., and Rosenberg, N., (Ed.), *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Plan de Acción*. Cumbre de las Américas. Documento CS-2851-5.
- PRA (1989). *Aportes del BID al Desarrollo Científico y Tecnológico de América Latina y el Caribe*. Nota Técnica del Departamento de Análisis de Proyectos (PRA) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Primo Braga, C.A. (1995). *Trade Related Intellectual Property Issues: The Uruguayan Round Agreement and its Economic Implications*. Paper presented at the World Bank Conference "The Uruguayan Round and the Developing Economies".
- Programa Bolívar (1994). *Notas para un Diálogo Urgente*. Caracas: Enede, C.A.
- Programa MERCOCYT (1995). *La Competitividad Tecnológica de las Empresas en América Latina y el Caribe: Una Revisión de la Situación Regional*. Washington, D.C.: OEA.
- Rada, J.F. (1996). "La Reforma de la Educación y el Desarrollo de Sistemas Paralelos" en *Educación y Desarrollo. Aprender para el Futuro*. Madrid: Fundación Santillana.
- Rama, G. (1987) (coord.). *Desarrollo y Educación en América Latina y el Caribe* (Tomo 2). Buenos Aires: CEPAL/UNESCO/PNUD.
- Roche Rivera, H. (1996). "*Proyectos de Innovación Tecnológica a Nivel de Empresas Privadas en Uruguay*". Mimeo.
- Rosenberg, N. (1994). *Exploring the Black Box. Technology, Economics and History*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rosenberg, N. (1986). "The Impact of Technological Innovation: A Historical View". In Landau, R. and Rosenberg, N. (Ed.). *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Rosenberg, N. and Birdzell, L.E. (1986). *How the West Grew Rich. The Economic Transformation of the Industrial World*. New York: Basic Books Inc., Publishers.
- Sagasti, F. (1988). "Crisis y Desafío: Ciencia y Tecnología en el Futuro de América Latina". *Comercio Exterior*, Vol. 38, No. 12.
- Schwartzman, S., (1988). *La Calidad de la Educación Superior en América Latina*. Ponencia en Seminario sobre Eficiencia y Calidad de la Educación Superior en América Latina; Brasilia.
- Secretaría General del Programa CYTED (1996). *Naturaleza, Organización y Gestión del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*. Madrid: CYTED.
- Sen, A.K. (1972). *La Selección de Técnicas. Un Aspecto del Desarrollo Económico Planificado*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Sercovich, F.C. y Teitel, S. (1984). "Exports of Technology by Newly Industrializing Countries. Latin America". *World Development*, Vol. 12. No. 5/6.
- Sibaja, E. (1996). "*Contribución a Sí Se Puede. Casos Exitosos de Investigación y Desarrollo de Costa Rica*". Mimeo.

- Solow, R. (1957). "Technical Change and the Aggregate Production Function". *Review of Economics and Statistics*, 39.
- Spurgeon, D. (1995). *Southern Lights. Celebrating the Scientific Achievement of the Developing World*. Ottawa: International Development Research Center.
- Stähl, L.G., (1996). "Recursos e Innovaciones en la Aplicación de las Reformas Educativas" en *Educación y Desarrollo. Aprender para el Futuro*. Madrid: Fundación Santillana.
- Sutz, J. (1993). *Una Propuesta Progresista en Ciencia y Tecnología*. Montevideo: FESUR.
- Tal, E. (1985). "R&D in Panama". *Science and Public Policy* -Volume 12, Number 5.
- Teitel, S. (1985). "Indicadores Científico-Tecnológicos: La América Latina, Países Industrializados y Otros Países en Vías de Desarrollo". *El Trimestre Económico*, Vol. LII (1), No. 25.
- Teubal, M. (1995). *R&D and Technology Policy at NIC's as Learning Processes*. Typescript.
- Teubal, M. (1994). *Towards an Evaluation of Chile's FONTEC and FONDEF Programs*. Typescript.
- Thulstrup, E.W. (1994). *Scientific Research for Development*. HRO Working Paper No. HROWP 25. Washington, D.C.: The World Bank.
- Thulstrup, E.W. (1992). *Improving the Quality of Reseach in Developing Country Universities*. PHREE Background Paper Series Document No. PHREE/95/52. Washington, D.C.: The World Bank.
- Trindade, S. (1996). *Science and Technology for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean. Issues, Options and New Approaches for the Consideration of the IDB*. Typescript.
- Trindade, S. (1980). "Technology Development in Developing Countries: The Case of a Private R&D Institution in Brazil". *R&D Management*, Vol. 10, No. 2.
- Urquidi, V. (1988). *Requerimientos para una Política Nacional en Ciencia y Tecnología*. Ponencia en I Simposio Nacional sobre Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico; Guadalajara.
- Ventura, A. (1996). *Science and Technology for Poverty Alleviation and Social Development in the American Hemisphere*. Hemispheric Meeting of Ministers Responsible for S&T. Typescript
- Ventura, A. (1991). *Influence of Small Size on Jamaica's Science and Technology System*. Typescript.
- Vessuri, H. y Díaz, E. (1985). *Universidad y Desarrollo Científico-Técnico en América Latina y el Caribe*. Caracas: CRESALC.
- Vitro, R.A. (1996). *Accelerating Development: Innovation, Information and Learning. Mobilizing Information Resources in Support of the 8th General Increase of IADB capital*. Typescript.
- Vonortas, N.S. and Safioleas, S.P. (1996). *Strategic Alliances in Information Technology and Developing Country Firms, I: Recent Evidence*. Washington, D.C.: The George Washington University.
- Walker, W. (1993). "National Innovation Systems: Britain". In Nelson, R.R. (Ed.) *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Waissbluth Subelman, M. (1996). *Cooperación Científica y Tecnológica en América Latina y el Caribe: Su Evolución en la Década del 90*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes.
- Waissbluth, M., Testart, E., y Buitelear, R. (1992). *Cien Empresas Innovadoras en Iberoamérica*. Valparaíso: Universidad de Valparaíso Editorial.

Waissbluth, M., et al (1988). "Linking University and Industry: An Organizational Experience in Mexico".
Research Policy 17:6.

Weiss Jr., Ch. (1992). *A Strategy for Technological Modernization in Latin America*. A background paper prepared for the Strategic Planning Unit of the IDB. Typescript.