

Francisco Sagasti

**CIENCIA, TECNOLOGÍA,  
INNOVACIÓN**

Políticas para América Latina



FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

MÉXICO - ARGENTINA - BRASIL - CHILE - COLOMBIA - ESPAÑA -  
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA - GUATEMALA - PERÚ - VENEZUELA

Primera edición, 2011

Sagasti Hochhausler, Francisco  
Ciencia, tecnología, innovación. Políticas para América Latina /  
Francisco Sagasti Hochhausler. – Lima : FCE, 2011  
274 p. ; 23 x 16.5 cm – (Colec. Sec. de Obras de Ciencia y  
Tecnología)  
ISBN 978-9972-663-66-6

1. Ciencia – América Latina – Historia 2. Tecnología - América  
Latina – Historia 3. Ciencia – Estado – Políticas 4. Tecnología –  
Estado – Políticas 5. Ciencia – Innovación – América Latina  
6. Tecnología – Innovación – América Latina I. Ser. II. t.

LC Q127.2

Dewey 338.926 S718c

Ciencia, tecnología, innovación. Políticas para América Latina.  
© Autor, Francisco Sagasti.

© Derechos de autor reservados:

© 2011, Francisco Sagasti

www.franciscosagasti.com.

© 2011, Fondo de Cultura Económica

Carretera Picacho - Ajusco, 227, C.P. 14200 México D.F.

© 2011, Fondo de Cultura Económica del Perú S.A.

Berlín, 238; Miraflores, Lima 18.

www.fondodeculturaeconomica.com

www.fceperu.com.pe

Primera edición, 2011

Tiraje, 1000 ejemplares

Diseño de portada: Víctor Escalante

Impreso por: Punto & Grafía S.A.C.

Av. Del Río N° 113, Pueblo Libre – Lima.

ISBN 978 – 9972 – 663 – 66 – 6

Registro del Proyecto Editorial N° 31501221101260

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2011-05029

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra  
-incluido el diseño tipográfico y de portada-  
sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico,  
sin el consentimiento por escrito del editor.

Lima, Perú, 2011

## ÍNDICE

Nota preliminar	13
1. Introducción	15
2. Ciencia, tecnología, innovación y desarrollo: hacia un marco conceptual integrativo	18
2.1. La difusión de la ciencia occidental según Basalla	18
2.2. Hacia un marco conceptual integrativo	20
3. Generación de conocimientos, avances tecnológicos, transformación productiva e innovación	25
3.1. Generación de conocimientos	25
3.2. Avances tecnológicos	30
3.3. Transformación productiva	36
3.4. Procesos y sistemas de innovación	43
3.5. La “triple crisis” a inicios del siglo 21	48
4. Breves antecedentes sobre ciencia, tecnología y desarrollo en América Latina	52
4.1. América prehispánica	53
4.2. Dominación ibérica	54
4.3. Ilustración e independencia	55
4.4. Integración a los mercados mundiales	57
4.5. Industrialización sustitutiva y crisis competitiva	58
5. Evolución de la política de ciencia, tecnología e innovación en la región	60
5.1. Antecedentes sobre políticas de ciencia, tecnología e innovación	61
5.1.1. Cambios conceptuales: el papel de la OCDE	64
5.1.2. Ciencia, tecnología, desarrollo y las Naciones Unidas	67
5.2. Planteamientos iniciales... y persistentes	71
5.2.1. Perspectiva científica y tecnológica	73
5.2.2. Perspectiva económica estructuralista	79
5.3. Líneas de pensamiento sobre ciencia, tecnología y desarrollo en América Latina	84
5.3.1. El papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo y su vinculación con el contexto social	85
Ciencia, tecnología, marginalidad y dependencia	86
Política y planificación científica y tecnológica	91
Ciencia y tecnología en el desarrollo, y la “década perdida”	94

Transformación productiva con equidad y paradigmas tecnoeconómicos	97
5.3.2. Factores que condicionan el desarrollo de capacidades en ciencia y tecnología	101
Oferta y demanda de ciencia y tecnología: el "triángulo de Sábato"	101
Comunidad científica y el papel de las universidades	105
Transferencia de tecnología	109
Selección de tecnología apropiada	114
Políticas sectoriales y financiamiento	116
Comportamiento tecnológico empresarial	119
5.3.3. Interacciones, estrategias y políticas	123
El enfoque de sistemas	123
Instrumentos de política	127
5.4. Ciencia y tecnología: el papel de los organismos internacionales	130
5.5. Etapas de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina	131
5.5.1. Empuje de la ciencia	134
5.5.2. Regulación de la transferencia de tecnología	135
5.5.3. Instrumentos de política y enfoque de sistemas	136
5.5.4. Ajuste económico y transformación de la política científica y tecnológica	138
5.6. Sistemas de innovación y competitividad	140
5.7. A modo de resumen	144
6. Ciencia, tecnología e innovación en América Latina a principios del siglo 21	148
6.1. Un legado ambivalente	148
6.2. El repertorio de instrumentos de política	156
6.3. Reformas e iniciativas en marcha a inicios del siglo 21	162
6.3.1. Reformas institucionales	164
6.3.2. Financiamiento y cooperación	167
6.3.3. Otras iniciativas regionales en ciencia, tecnología e innovación	172
6.4. Principios y criterios para el diseño de políticas y estrategias	178
6.5. Una agenda para la renovación de las estrategias y políticas	182
6.5.1. Recursos naturales y conocimiento	183
6.5.2. Productividad	186
6.5.3. Gestión y pluralismo tecnológico	189

6.5.4. Conocimiento, creatividad y propiedad intelectual	191
6.5.5. Cooperación regional	197
6.6. A modo de conclusión	201
7. Comentarios y reflexiones finales	203
7.1. ¿Hacia un nuevo mundo?	203
7.2. El ocaso de la era baconiana	208
7.3. Hacia una reinterpretación del progreso y el desarrollo	213
7.4. El corazón sobre la piedra	216
7.5. Comentarios finales	220
Bibliografía	223
Reconocimientos	271

### Dedicatoria

*A las generaciones futuras de especialistas en políticas de ciencia, tecnología e innovación, transmitiéndoles lo que aprendió la mía para que no repitan nuestros errores, y estimulándolas a que cometan los suyos propios.*

## NOTA PRELIMINAR

Este trabajo presenta un panorama de los antecedentes, evolución y perspectivas de las ideas y la práctica sobre políticas para promover la ciencia, la tecnología y la innovación en América Latina durante los últimos seis decenios, ubicándolas en su contexto histórico y mundial. Considerando la extensa experiencia de la región en este campo, no pretendo ser exhaustivo, sino presentar una reseña —espero que lo suficientemente completa— para apreciar la riqueza de ideas, planteamientos y prácticas de los países latinoamericanos en este campo. Está basado en una serie de textos que he preparado a lo largo de cuarenta años, en investigaciones y trabajos recientes sobre el papel de la ciencia, tecnología e innovación en América Latina, y en la experiencia práctica acumulada en el ejercicio de funciones públicas y privadas en estos temas.

Los primeros cuatro capítulos se basan en estudios realizados con el apoyo del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) de Canadá, la Corporación Carnegie de Nueva York y la Fundación Rockefeller, el quinto capítulo en un ensayo preparado a solicitud del Banco Interamericano de Desarrollo, y los capítulos sexto y séptimo en trabajos realizados con el auspicio de FORO Nacional/Internacional, institución a la cual estoy afiliado. Agradezco a Geoffrey Oldham (IDRC), David Hamburg y Patricia Rosenfield (Corporación Carnegie), Janet Maughan (Fundación Rockefeller), y a Flora Painter y Juan Carlos Navarro (BID), por su interés en mi trabajo y por el apoyo brindado en diferentes momentos de mi carrera profesional. En gran medida, este libro intenta poner en contexto y reseñar la evolución de lo que Carlos Martínez Vidal y Manuel Marí denominaron “el pensamiento latinoamericano en ciencia, tecnología y sociedad”, y de reafirmar su vigencia e importancia.

La gran cantidad y diversidad de contribuciones latinoamericanas en campo de las políticas de ciencia, tecnología e innovación hizo muy difícil organizar el texto para exponerlas en forma ordenada y didáctica. El lector notará un mayor énfasis en las ideas y el diseño de políticas en comparación con sus resultados en lugares y momentos determinados, pero esto es inevitable a menos que se emprenda una tarea que requeriría de varios volúmenes y años de trabajo. Las referencias en este texto contienen información a la cual pueden recurrir los interesados en uno u otro aspecto específico cubierto en este estudio.

Quiero expresar un reconocimiento especial a Carlos Abeledo, Mario Albornoz y Juana Kuramoto, quienes revisaron el manuscrito e hicieron valiosas sugerencias para mejorarlo, evitar errores y llenar vacíos. Asimismo, debo un particular agradecimiento a Alejandro Nadal, cuyos comentarios al texto me

ayudaron a confirmar el enfoque y la manera de abordar los temas adoptados en este libro. Los errores que aún quedan en el texto son de mi exclusiva responsabilidad. Agradezco también la generosidad Bárbara Jacobs, viuda del ilustre escritor Augusto Monterroso, y de Isabel Monteagudo, su agente literaria, por reiterar el permiso que me diera Don Augusto hace algunos años para citar su cuento "El Eclipse" en el último capítulo de este libro.

Francisco Sagasti  
Lima, diciembre del 2010

## 1. INTRODUCCIÓN

Las relaciones entre ciencia, tecnología, innovación y desarrollo en América Latina han sido objeto de estudio y análisis durante más de medio siglo. Una buena dosis de ingenio, creatividad y planteamientos cada vez más complejos han caracterizado a estos esfuerzos, cuya intensidad y orientación ha variado a lo largo del tiempo. No obstante estos avances, es posible apreciar una cierta desconexión entre las ideas y la práctica de política científica y tecnológica. La riqueza de los esquemas conceptuales y la disponibilidad de estudios empíricos contrasta con la relativa escasez de logros en la creación de capacidades avanzadas de ciencia, tecnología e innovación. No obstante, esto no quiere decir que América Latina no haya tenido éxitos en este campo, sino que la magnitud del esfuerzo intelectual desplegado es mayor que sus resultados.

Al iniciarse el siglo 21 América Latina se encuentra rezagada en relación, no sólo con Norteamérica, Europa y Japón, sino también con los países emergentes de Asia, particularmente China, India, Malasia, Singapur, Taiwán y la República de Corea, que tenían niveles similares a los de la región en cuanto a sus capacidades de generación y utilización de conocimientos durante el decenio de 1970, período en el que florecieron las ideas sobre ciencia, tecnología y desarrollo en Latinoamérica.

¿Qué explica esta divergencia entre el mundo de las ideas y las realizaciones prácticas en el campo de la ciencia, tecnología e innovación en América Latina? No es posible encontrar respuestas simples y adecuadas para todos los países en una región tan diversa y heterogénea como ésta. Algunas explicaciones apuntan a: una herencia cultural que se remonta a la época colonial y que no puso énfasis en la utilización práctica del conocimiento científico y tecnológico; la subordinación de las economías de la región que dependieron excesivamente de la inversión extranjera para obtener capital y tecnología; una desconexión entre los enclaves de inversión extranjera y las universidades e instituciones locales de investigación; unas variantes de la "maldición de los recursos naturales", que mantuvieron a América Latina como proveedora de materias primas fáciles de extraer y procesar, sin poder aumentar el contenido tecnológico de sus exportaciones; convulsiones de carácter político que impidieron continuar esfuerzos para consolidar capacidades científicas y tecnológicas; y una supuesta indiferencia de las autoridades políticas, tanto militares como civiles, que no fueron capaces de apreciar a tiempo el papel clave que juegan la ciencia, tecnología e innovación en la sociedad del conocimiento que estamos viviendo en la actualidad.

Cualquiera que sea la explicación del relativo atraso de América Latina en este campo, al iniciarse el siglo 21 es posible notar una preocupación compartida en forma cada vez más amplia acerca de cómo superar las limitaciones que enfrenta la región. Durante el decenio del 2000 surgieron múltiples iniciativas de política en

varios países latinoamericanos, se retomó el interés en los estudios empíricos sobre el comportamiento tecnológico y el desempeño de las instituciones y políticas, los organismos e instituciones financieros internacionales pusieron mayor énfasis en el tema, y es posible apreciar logros significativos en algunos campos de la ciencia y la tecnología en aquellos países que invirtieron en este rubro de manera sostenida.

Sin embargo, América Latina ha vivido anteriormente un período similar de interés en la ciencia y la tecnología para el desarrollo. La proliferación de estudios, iniciativas, propuestas políticas y programas de cooperación, y una experimentación con formas alternativas de promover la ciencia y la tecnología durante el decenio de 1970, pusieron a la región a la vanguardia del mundo en desarrollo. Sin embargo, gran parte de estos avances se perdió y olvidó durante la "década perdida" de 1980. La inestabilidad política, los gobiernos autoritarios, la crisis de la deuda, los procesos inflacionarios, los desequilibrios macroeconómicos y cambiarios, los déficits fiscales y comerciales, una reducción drástica del financiamiento para el desarrollo, y un énfasis irrestricto en las fuerzas del mercado y la libre competencia, desplazaron el interés de los políticos, funcionarios públicos y empresarios hacia direcciones que poco tenían que ver con la creación y consolidación de capacidades propias en ciencia, tecnología e innovación, tarea en la cual el sector público juega un papel fundamental. En algunos casos, la inestabilidad política y la tendencia a desconocer los avances de gobiernos anteriores, amplificaron el impacto negativo de las crisis económicas. Sólo unos pocos países, sea ya por razones estratégicas o fortuitas, continuaron invirtiendo en este campo y lograron evitar el colapso de los esfuerzos que muchas naciones habían realizado durante los decenios de 1960 y 1970.

Jorge Sábato, el ilustre pionero de la política científica y tecnológica en la región, solía decir que "toma quince años crear una institución de investigación de nivel mundial, pero sólo dos años destruirla". Esto ha llevado a comparar los esfuerzos regionales en este campo al trágico destino de Sísifo, el mítico y astuto rey de Corinto que engañó a los dioses más de una vez, y que fue castigado a empujar una roca cuesta arriba en una montaña, sólo para que al llegar a la cima ésta rodara hacia abajo y tuviera que empezar de nuevo, eternamente, una y otra vez.<sup>1</sup> América Latina es un claro ejemplo de esta tarea digna de Sísifo: en muchos casos la región ha invertido en ciencia y tecnología, creado instituciones, entrenado a científicos e ingenieros, diseñado e implementado políticas con considerable esfuerzo, sólo para verlas desaparecer casi sin dejar rastro.

En la sociedad del conocimiento del siglo 21 el desafío de Sísifo es aún más complejo y difícil. Incluso si fuera posible mantener la roca en la cima, asomarían nuevas alturas hacia las cuales empujar la piedra. Los arduos logros en la construcción de capacidades en ciencia, tecnología e innovación se ven disminuidos ante el vertiginoso y

<sup>1</sup> Para elaboraciones de esta metáfora véase: Simón Schwartzman 1979: 1; y Francisco Sagasti 2004a: xvii-xviii.

continuo avance de las fronteras en la investigación científica y tecnológica, que exigen un esfuerzo constante y sostenido para mantenerse al día.

Todo esto hace necesario examinar la evolución de las ideas y de la práctica de la política científica, tecnológica y de innovación en América Latina, de tal manera de aprender las lecciones del pasado, apreciar con sobriedad la situación actual, y diseñar intervenciones efectivas para construir y consolidar capacidades científicas, tecnológicas y de innovación que sustenten el desarrollo de la región. Este trabajo aspira a contribuir con esta tarea, poniendo al alcance de las generaciones actuales y futuras de especialistas en esta materia el acervo de experiencias y conocimiento acumulado en la región.

Luego de esta introducción, el segundo y tercer capítulos presentan un marco conceptual para examinar las interrelaciones entre ciencia, tecnología, producción e innovación, ubicándolas en su contexto histórico y en el entorno social más amplio en el que están insertas. A continuación, el cuarto capítulo examina brevemente la forma en que el conocimiento y la innovación evolucionaron en la región hasta mediados del siglo 20, para luego reseñar en el capítulo siguiente la manera en que la política científica y tecnológica surgió y se desarrolló en América Latina durante la segunda mitad del siglo 20. Un capítulo con apreciaciones acerca de la situación de la política de ciencia, tecnología e innovación durante el primer decenio del siglo 21 y unos comentarios y reflexiones finales completan el presente trabajo.

## 2. CIENCIA, TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y DESARROLLO: HACIA UN MARCO CONCEPTUAL INTEGRATIVO

Este capítulo ofrece un marco conceptual para vincular la generación de conocimientos con el desarrollo tecnológico, la innovación y la transformación de las actividades productivas y de servicios. Luego de identificar tres corrientes que configuran este marco conceptual —la generación de conocimientos, los avances tecnológicos y las transformaciones productivas—, examina su evolución y cómo se interrelacionaron a través del proceso de innovación, para concluir con algunas apreciaciones sobre la “triple crisis” a principios del siglo 21 como consecuencia de los cambios simultáneos que están experimentando estas tres corrientes.

### 2.1 La difusión de la ciencia occidental según Basalla

Las primeras interpretaciones de las interrelaciones entre ciencia, tecnología y desarrollo en América Latina durante los decenios de 1950 y 1960 se dieron en un clima intelectual que privilegiaba el papel de la investigación científica en la generación de conocimientos y en el desarrollo de tecnologías. Como ejemplo representativo de este punto de vista se tienen las ideas del historiador de la ciencia George Basalla, quien en un influyente artículo propuso un esquema conceptual para explicar la propagación de la ciencia occidental en el mundo.<sup>2</sup>

El esquema de Basalla consiste en tres etapas parcialmente superpuestas. En la primera de ellas, las sociedades precientíficas, carentes de los conocimientos y tradiciones derivados de la ciencia en el mundo en desarrollo, constituyen una fuente de problemas y desafíos para el avance de la ciencia europea; en la segunda, que Basalla denomina la etapa de la “ciencia colonial”, existe un desarrollo científico incipiente en estas sociedades; y en la tercera, las naciones en desarrollo se esfuerzan por establecer una tradición científica propia e independiente.

Durante la primera etapa, unos pocos científicos europeos visitan las nuevas tierras, exploran y recolectan ejemplares de flora y fauna, estudian las características geográficas y físicas de las áreas aún sin explorar y luego retornan a sus lugares de origen para completar sus investigaciones científicas. En unos ambientes académicos relativamente tranquilos, desarrollan sus teorías y describen sus descubrimientos empíricos.

Una “ciencia colonial” dependiente emerge durante la segunda etapa. La historia natural sigue siendo el principal foco de interés y atención, pero la variedad de actividades científicas y de problemas estudiados comienza a expandirse hasta casi coincidir con la de la potencia colonizadora. El científico colonial es dependiente en el sentido de que su

<sup>2</sup> George Basalla 1967: 611-622.

entrenamiento y educación, el origen de las tradiciones científicas a las que se adhiere, la orientación de sus actividades y las maneras de obtener reconocimiento por su labor, provienen de los centros científicos en los países colonizadores, y no en los países o regiones de donde este investigador es originario y donde vive y trabaja.

La transición hacia la tercera etapa es compleja y difícil de caracterizar. Basalla sugiere que la ciencia colonial contiene en sí misma y en forma embrionaria los aspectos esenciales de la tercera etapa. Durante esta transición, el científico criollo, si bien continúa obteniendo reconocimiento y apoyo del exterior, comienza a crear instituciones y tradiciones que eventualmente serán el fundamento de una cultura científica independiente. Por lo tanto, durante la tercera etapa, los científicos dependientes se transforman gradualmente en científicos autónomos, con lealtades y referentes orientados hacia sus lugares de origen.

El modelo de Basalla fue muy difundido y comentado, aunque tiene dos importantes limitaciones. En primer lugar, usa el concepto de “diseminación” de la ciencia occidental como eje de análisis, sin prestar suficiente atención al proceso de “absorción” e “internalización” de las actividades científicas en las naciones en desarrollo. En segundo lugar, considera sólo la difusión de la ciencia occidental, sin examinar la propagación de la base tecnológica y la internacionalización de las actividades productivas asociadas con la expansión mundial del capitalismo europeo.<sup>3</sup>

Privilegiar el concepto de la diseminación implica adoptar una perspectiva básicamente eurocéntrica, en la cual la ciencia occidental, alimentada por diversas corrientes de pensamiento especulativo, teórico y empírico que convergen en ella desde varias regiones, se irradia desde Europa hacia el resto del mundo hasta desplazar las formas de pensamiento “precientíficas” locales. En realidad, lo que sucedió —y continúa sucediendo— en diferentes partes del mundo, cada una con su propia tradición y cultura, es un proceso de interacción entre el conocimiento científico importado y el pensamiento tradicional. La existencia de formas indígenas de pensamiento especulativo es una constante en la historia de América Latina y en lugares tan diversos como África, India, China y el Medio Oriente. La interacción entre la perspectiva occidental del mundo y la variedad de perspectivas tradicionales ha dado origen a una multiplicidad de maneras de visualizar el entorno biofísico y el papel de la humanidad en él.

Por estas razones, en vez de centrarse solamente en la “diseminación”, sería más apropiado referirse a la “difusión, absorción y reinterpretación” de la ciencia moderna, admitiendo que éste es un proceso en permanente evolución y que en muchas partes del mundo en desarrollo se encuentra aún en una fase incipiente y avanza en forma lenta; que en algunos casos ha existido poca interacción y más bien una yuxtaposición de dos

<sup>3</sup> Hebe Vessuri ha reseñado las ideas de Basalla en su trabajo sobre la creación de instituciones científicas en los países en desarrollo. Véase Vessuri 1996: 199-233.

formas diferentes e independientes de pensamiento: la perspectiva científica occidental y los puntos de vista autóctonos o tradicionales de las regiones en desarrollo.

Más aún, si se examina la difusión de la ciencia moderna sin tomar en cuenta los procesos paralelos de diseminación, absorción y adaptación de las técnicas y tecnologías modernas, así como la expansión mundial de las actividades productivas vinculada a Occidente, que han interactuado en forma intensa y compleja con sus variantes locales, existe el riesgo de presentar una visión sesgada en la cual la "difusión de la ciencia occidental" es percibida como un fenómeno independiente, condicionado sólo por su propia lógica interna y casi inmune a los efectos de las fuerzas sociales, económicas y políticas.

## 2.2 Hacia un marco conceptual integrativo

El clima intelectual prevaleciente en América Latina durante los decenios de 1960 y 1970 propició la elaboración de un esquema conceptual que considera el proceso de generación, transmisión y utilización del conocimiento en forma integral.<sup>4</sup> Para este propósito, es posible distinguir tres componentes que configuran, conjuntamente con sus interrelaciones y contexto, un marco conceptual para describir la manera mediante la cual la ciencia moderna, la tecnología y las actividades productivas se extendieron por el mundo y por América Latina.

El primer componente es la *evolución de las formas de generar conocimiento*, que permite comprender los fenómenos naturales y sociales, así como ofrecer explicaciones que le den sentido a la existencia humana. El segundo componente son los *avances tecnológicos* que proveen a cada grupo humano de un conjunto de respuestas organizadas para afrontar los desafíos que plantea su entorno biofísico y social. El tercer componente es la *transformación y expansión de las actividades productivas* que proveen bienes y servicios para satisfacer las necesidades de la comunidad y de los individuos que la componen. Estos tres componentes, considerados como corrientes que cambian continuamente, se vinculan entre sí a través de estructuras institucionales y están inmersos en el contexto social, cultural y político más amplio que engloba a las sociedades humanas.

En un momento y lugar determinados, una sociedad puede ser caracterizada por la forma que adopta el despliegue de cada una de estas tres corrientes, por la manera en que interactúan y se articulan a través de los procesos de innovación, por el tipo de vinculaciones que tienen con sus contrapartes en otras sociedades, y por la naturaleza de las influencias recíprocas entre estas tres corrientes y el entorno institucional, social, cultural y político en que se ubican.

<sup>4</sup> Las primeras versiones de este marco conceptual, que ha sido modificado y actualizado en varias oportunidades, se plantearon en: Francisco Sagasti 1970; 1975b; y 1978c. Del mismo autor, ver también 1981 y 1988.

Si bien la perspectiva occidental no puede ser considerada como el marco de referencia único o privilegiado para el análisis de los logros obtenidos por la gran diversidad de sociedades humanas, en vista de su éxito en lo material e intelectual, el Occidente ejerce una influencia enorme en todo el planeta —al punto de que sus principales atributos constituyen una pauta o guía implícita para evaluar a otras sociedades. Sin embargo, para destacar la extraordinaria diversidad de formas de actuar y pensar de los seres humanos, y para apreciar el enorme potencial que esta diversidad encarna para el futuro de la humanidad, es preciso alejarse de la poderosa sombra que proyectan los conceptos y artefactos de la cultura occidental dominante.

El desarrollo de diferentes civilizaciones y sociedades en los últimos siglos debe ser visto como una totalidad, cuyos componentes están en continua interacción y transformación, y en la cual una perspectiva —la occidental— terminó por condicionar a todas las demás al finalizar el segundo milenio de la era cristiana. A su vez, otras culturas preservaron su individualidad, influyeron en la civilización occidental y han generado formas híbridas de percibir el mundo y de relacionarse con él. La imagen implícita en la metáfora de los avances en la generación y utilización de conocimientos de otras civilizaciones y culturas considerados como ríos tributarios que confluyen en el gran mar de la ciencia occidental es ciertamente sesgada.<sup>5</sup>

Desde hace cuatro siglos, y a pesar de ciertas limitaciones que se han vuelto evidentes al iniciarse el siglo 21, la ciencia moderna ha demostrado ser la manera más eficiente de generar el conocimiento necesario para mejorar nuestra capacidad de comprender y obtener provecho del mundo que nos rodea. La investigación y el examen sistemático (*logos*) del repertorio de respuestas disponibles para actuar sobre los fenómenos naturales y sociales (*techné*) han generado una vasta gama de tecnologías para enfrentar los desafíos que plantean estos fenómenos. Las actividades productivas y de servicios asociadas con las tecnologías modernas basadas en la ciencia han adquirido un enorme potencial para satisfacer todo tipo de necesidades humanas.

Como consecuencia, el desarrollo —cualquiera sea su definición— es una tarea prácticamente imposible si no se cuenta con un mínimo de capacidades autónomas de ciencia, tecnología e innovación. Estas capacidades permitirían, en primer lugar,

<sup>5</sup> Esta metáfora fue utilizada por Joseph Needham, el gran historiador de la ciencia y la tecnología en China, para describir el carácter integrador de la ciencia occidental, pero ha sido controvertida y criticada. Véase Needham 1969. De acuerdo a Claude Alvares (1979: 2), "la historia de la humanidad puede ser descrita mejor no como un movimiento de diferentes pueblos hacia un futuro mítico convergente (si bien a diferentes velocidades y en grupos distintos), sino como la experiencia de muchas culturas discontinuas, cada una de ellas igualmente importante por sí misma y que exhiben la variabilidad de los productos de la inventiva humana, cada una de ellas cristalizando un sistema de significados irreducible al de las otras" (traducción del autor). José Ortega y Gasset (1968: 77) ha esgrimido argumentos similares cuando se opone a la "tendencia, tan espontánea como excesiva, reinante en nuestro tiempo, a creer que, en fin de cuenta, no hay verdaderamente más que una técnica, la actual europeomericana, y que todo lo demás fue sólo torpe rudimento y balbuceo hacia ella. [es necesario] contrarrestar esta tendencia y sumergir la técnica actual como una de tantas en el panorama vastísimo y multiforme de las humanas técnicas, relativizando así su sentido y mostrando cómo a cada proyecto y módulo de humanidad corresponde la suya".

identificar y escoger el conocimiento científico disponible en el ámbito mundial para desarrollar tecnologías basadas en él, o identificar, importar y absorber la tecnología más adecuada para incorporarla en las actividades productivas y de servicios. En segundo lugar, y en aquellos campos en los que no existe conocimiento o tecnología disponible en el ámbito internacional, estas capacidades permitirían generar un conocimiento científico, transformarlo en tecnología e incorporar esta tecnología basada en la ciencia en las actividades productivas y de servicios.

Simplificando a la manera de los "hechos estilizados" en el campo de la economía, desde esta perspectiva es posible distinguir dos tipos de sociedades. En primer lugar, aquellas donde la evolución de la generación de conocimiento condujo hacia la ciencia moderna o hizo que ésta fuera plenamente adoptada, donde las actividades científicas se vincularon directamente con los avances tecnológicos, y donde esos avances llevaron a mejorar las actividades productivas y de servicios a través de la innovación. En segundo lugar, se tiene aquellas sociedades en las cuales la generación de conocimientos no se vinculó de manera significativa a la ciencia moderna, donde las técnicas permanecieron aisladas o al margen del trabajo científico, y donde las actividades productivas y de servicios no dependieron de los avances tecnológicos y de la investigación científica locales. En este caso, la innovación tiene lugar haciendo uso de conocimientos y tecnología importados, sin que éstos se vinculen necesariamente con la investigación científica y el desarrollo tecnológico locales, lo que permitiría un proceso de aprendizaje y de gradual apropiación del conocimiento y la tecnología procedente del exterior.

La figura 1 indica que una estrecha interacción entre la ciencia y la tecnología en los países desarrollados alimenta y refuerza la evolución de las actividades productivas. Sin la capacidad de generar conocimientos científicos y de transformarlos en tecnologías para elaborar mejores productos y servicios, este primer grupo de países no podría haber obtenido altas tasas de crecimiento económico y de mejoras en la calidad de vida. La estrecha y continua interacción entre la ciencia, la tecnología y la producción llevó a la creación de una *base científica y tecnológica endógena*, que consiste en la acumulación de capacidades de investigación científica y desarrollo tecnológico que hacen posible generar nuevos conocimientos y tecnologías (y permiten, además, modificar, adaptar y recombinar los conocimientos y las tecnologías existentes), los que luego se incorporan en la producción de bienes y servicios por medio de los procesos de innovación. A su vez, a través del aprender haciendo y el aprender usando, la utilización de conocimientos y tecnologías en el sector productivo lleva a innovaciones tecnológicas incrementales, que permiten una mayor acumulación de capacidades tecnológicas y que eventualmente conducen a nuevas áreas de investigación científica.

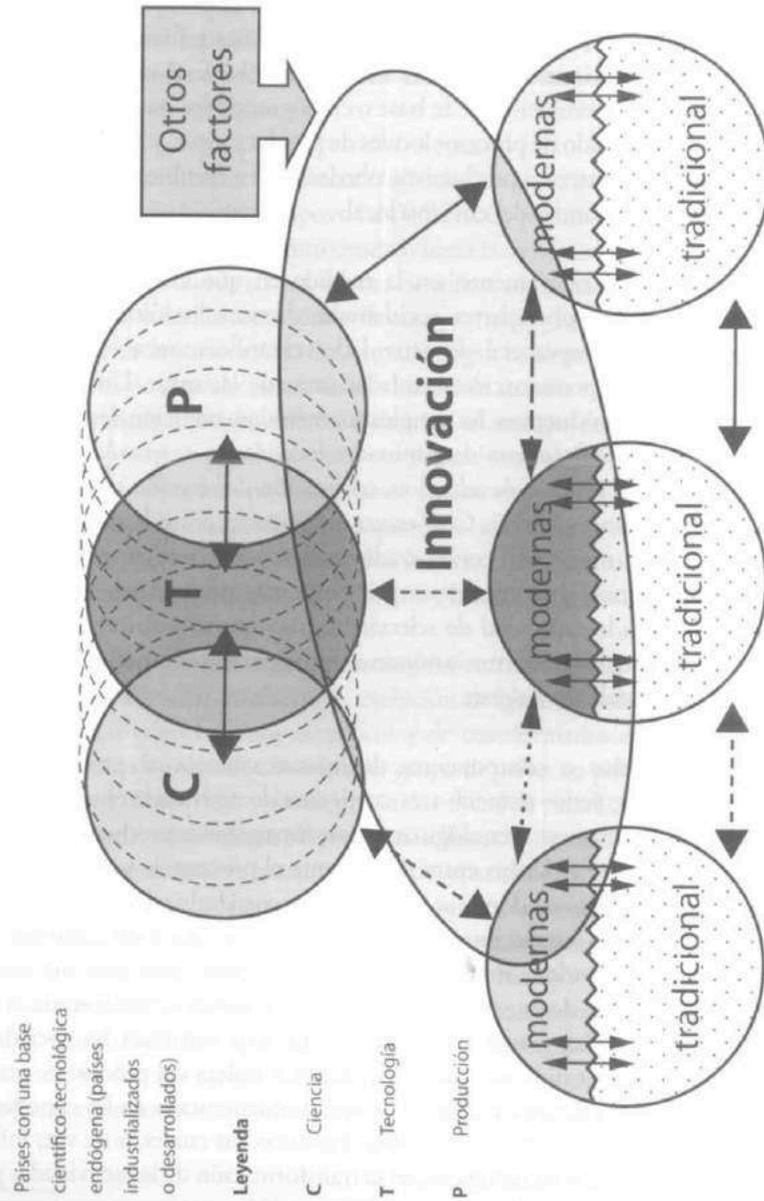
« En los trabajos iniciales que realicé sobre el tema usé "base científica y tecnológica endógena" para describir las capacidades del primer tipo de sociedades y "base científica y tecnológica exógena" para las del segundo tipo. Véase, por ejemplo, Sagasti 1977 y 1978c. Sin embargo, durante el decenio de 1980 se debatió acerca de cómo interpretar las ideas de base científica y tecnológica "endógena" y "exógena", y algunos autores sugirieron restringir el uso de endógena al conocimiento y tecnología autóctonos. Este trabajo continuará usando estos términos tal como se definen en la presente sección, si bien en otras partes del texto se usará "propia" como sinónimo de endógena, e "impuesta" o "aislada" como sinónimo de exógena.

Los países en desarrollo no lograron crear y consolidar una base científica y tecnológica endógena. Sus apreciaciones del mundo diferían del punto de vista predominante en las sociedades occidentales donde, con algunas notables excepciones, la ciencia desplazó a la religión, la mitología y la magia como actividades generadoras del conocimiento. Intervenciones divinas, causas misteriosas y fuerzas ocultas continuaron estructurando las relaciones entre los seres humanos y los fenómenos naturales y sociales que los afectaban. La evolución de la base tecnológica de los países en desarrollo fue, en gran medida, el resultado de procesos locales de prueba y error, y las transformaciones que experimentaron sus sistemas productivos obedecieron a cambios lentos para adaptarse a las condiciones y demandas del entorno local.

Simplificando nuevamente, en la medida en que los países en desarrollo han interactuado con sus contrapartes occidentales durante los últimos cinco siglos, han adquirido una capa superficial de actividades científicas, tecnológicas y productivas que, por lo general, permanecieron aisladas unas de las otras. Una parte significativa de las actividades productivas ha empleado métodos tradicionales o convencionales, frecuentemente específicos para determinadas localidades, o tecnologías importadas sin que tuviera lugar un proceso de selección, adaptación y absorción que hubiera permitido apropiarse plenamente de ellas. Con escasa interacción entre la ciencia moderna y las tecnologías, tanto modernas como tradicionales; con muy poca vinculación entre las actividades tecnológicas modernas y los sistemas productivos locales modernos y tradicionales; y sin la capacidad de seleccionar, incorporar y absorber conocimientos y tecnologías importados en forma autónoma, estos países terminaron contando con una *base científica y tecnológica exógena*.

Los elementos o componentes del marco conceptual propuesto pueden ser resumidos de la siguiente manera: tres corrientes de actividades humanas (generación de conocimientos, avances tecnológicos y transformaciones productivas); las formas en que estas corrientes se articulan entre sí mediante el proceso de innovación; el contexto social, cultural y político en donde se insertan estas corrientes y los agentes e instituciones asociados a ellas; y las interacciones entre estas tres corrientes y sus contrapartes en otras sociedades. Considerando la multiplicidad de interacciones mutuamente condicionadas entre los componentes de este marco conceptual y tomando como referencia un período largo de la historia, las grandes mutaciones que experimentan las sociedades tienen lugar cuando ocurren cambios cualitativos en la naturaleza del proceso de generación de conocimientos. Estos llevan a transformaciones fundamentales en las concepciones de la humanidad y de su relación con el mundo biofísico, las cuales, a su vez, influyen en la evolución de los avances tecnológicos, en la transformación de las actividades productivas y en las formas que adoptan los procesos de innovación.

FIGURA 1. Relaciones entre ciencia, tecnología y producción en países desarrollados y en desarrollo



### 3. GENERACIÓN DE CONOCIMIENTOS, AVANCES TECNOLÓGICOS, TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA E INNOVACIÓN

Para ubicar mejor la historia y la situación actual de la ciencia, la tecnología y la innovación en América Latina, es conveniente examinarlas ante el telón de fondo de la evolución de estas tres corrientes —generación de conocimientos, avance tecnológico y transformación productiva—, así como su articulación a través de los procesos de innovación. Esta reseña permitirá apreciar el carácter y la especificidad de los desafíos que enfrenta la región para poner el conocimiento y la innovación al servicio del desarrollo.

#### 3.1 Generación de conocimientos

A través de la historia, la magia, la mitología, la religión y la ciencia han provisto diferentes maneras de generar conocimiento sobre los entornos biofísicos y sociales en los cuales evolucionan las sociedades humanas. Estas variantes del pensamiento especulativo han intentado también explicar el lugar que ocupa la humanidad en el gran orden cósmico. El conocimiento y la información que generan reducen la incertidumbre que enfrentan los individuos y los grupos sociales en la relación con sus respectivos contextos biofísicos y sociales.

Desde tiempos inmemorables las sociedades han elaborado sus propios conjuntos de mitos, en especial sobre la creación del mundo, para explicar los cambios en las estaciones y el clima, el movimiento de los cuerpos celestiales, las interacciones con el entorno que las rodean, y la relación entre los seres humanos y las deidades. Los mitos constituyeron maneras de codificar y transmitir conocimiento, algo que en tiempos previos a la invención de la escritura se hacía oralmente de generación en generación. Proporcionaban, además, orientaciones para el desarrollo de técnicas y la organización de la producción.

La religión reemplazó a la mitología y ofreció una manera más ordenada de explicar los fenómenos naturales y el lugar de los seres humanos en el universo. Las intervenciones divinas y los designios de Dios, que eran interpretados por chamanes y sacerdotes en su condición de intermediarios entre las deidades y la humanidad, estructuraron las interacciones entre las sociedades y sus entornos biofísicos, así como las relaciones interpersonales. El supuesto de que existe un orden natural superior, establecido por sanción divina, se convertiría en una fuerza motivadora que impulsó al pensamiento especulativo y a la generación de conocimientos a develar los misterios del universo.

7 Este capítulo se basa en Francisco Sagasti 2004a: capítulo 2; y en trabajos anteriores del autor, particularmente en Francisco Sagasti 1988, 1997b.

Al evolucionar la magia, la mitología y la religión, comenzaron a emerger conceptos abstractos para explicar una variedad de eventos y fenómenos naturales registrados por los sentidos. Por ejemplo, desde Platón (430-350 a. C.) y Aristóteles (384-322 a. C.) nuestras cambiantes percepciones de la realidad física en Occidente han evolucionado principalmente como resultado de una interacción entre dos ámbitos: uno abstracto, de ideas y formas vinculadas con nuestras facultades mentales, y otro tangible, de materias y sustancias relacionadas con nuestras percepciones sensoriales.

Alrededor de esta misma época, eruditos chinos y filósofos hindúes ofrecieron explicaciones bastante elaboradas sobre la estructura de la materia —la primera con cinco elementos, dos fuerzas fundamentales y una variedad de interacciones entre ellas, y la segunda con esquemas más complejos y sutiles que involucraban minúsculas partículas y efectos causales—, pero estos conceptos no afectarían en forma importante la subsiguiente evolución de las explicaciones occidentales sobre la realidad física. El Medioevo aportó relativamente poco a los conceptos heredados de Aristóteles; los asoció a los designios de un Dios omnipotente que ejercía una influencia continua sobre sus criaturas en la tierra. Tomando como base los conceptos aristotélicos acerca de la materia y las formas, los filósofos y clérigos islámicos desarrollaron esquemas que asociaban fuerzas cósmicas y terrenales, y daban explicaciones sobre las transformaciones que experimentaban los minerales y los metales.

El pensamiento abstracto condujo al desarrollo de la lógica simbólica, la geometría, el álgebra y otras ramas de las matemáticas en la antigua Grecia, India, el mundo árabe y en otras civilizaciones. A pesar de desarrollarse en forma desigual en diferentes partes del mundo, considerados en conjunto estos avances proveyeron un sistema de reglas para la manipulación de conceptos, ideas y otras abstracciones producidas por la mente humana. Como resultado, fue posible desarrollar teorías y explicaciones generalizadas de los fenómenos que rodean a la humanidad. Con el paso del tiempo, la capacidad de manipular símbolos abstractos conduciría a la invención del cálculo diferencial y a otras herramientas matemáticas que serían esenciales para el desarrollo de la ciencia moderna en Occidente.

Diversos arreglos institucionales —que tomaron la forma de academias, sectas, iglesias, cortes reales, burocracias, universidades y talleres, entre muchas otras, complementados con ritos, hábitos, costumbres, patrocinios, regulaciones y normas— fueron empleados por diferentes sociedades para organizar la generación de un pensamiento especulativo y de conocimiento. Chamanes, sacerdotes, clérigos, filósofos, artistas, inventores y educadores, trabajando en forma individual o en grupo, se dedicaron a la creación y disseminación de nociones y conceptos abstractos para explicar los fenómenos naturales. Reyes, tiranos, señores feudales y gobernantes de todos los tipos, así como personajes públicos y mercaderes acaudalados, patrocinaron

a aquellas personas (mayoritariamente varones) que se dedicaban a la producción de conocimientos.

La perspectiva de la Edad Media se caracterizó por la creencia de que la voluntad de Dios había impuesto un orden oculto que regía el funcionamiento del universo, y que tal orden podía ser develado por los seres humanos, quienes ocupaban un lugar privilegiado en la creación. Esto permitió visualizar a los fenómenos naturales no como algo caprichoso y arbitrario, sino como eventos que respetaban una serie de reglas predecibles que podían ser descubiertas para mayor gloria divina.

Las contribuciones del período final del Medioevo y del Renacimiento sentaron las bases para la emergencia de la ciencia moderna en los siglos 16 y 17. Entre ellas se encuentran los trabajos de Roger Bacon en el siglo 13, que destacaron la importancia de la experimentación como fuente del conocimiento; los rudimentarios experimentos de los alquimistas para manipular los elementos constituyentes de la materia; el redescubrimiento de las ideas de Aristóteles por parte de los estudiosos islámicos, que ayudaría a romper el esquema estático y contrario a la experimentación de las teorías platónicas; el desarrollo de las artes plásticas, que recalcó la importancia de la observación cuidadosa y llevó al redescubrimiento de la geometría; la invención de la imprenta de tipo movible por parte de Johannes Gutenberg, que permitió la distribución más amplia de textos que codificaron el conocimiento disponible en aquellos tiempos; los avances en las técnicas de observación celestial (incluida la invención del telescopio), que permitieron, conjuntamente con los progresos en las matemáticas (especialmente en álgebra y geometría), reinterpretar las teorías en uso y desarrollar nuevos conceptos sobre el movimiento de los planetas y las estrellas —tal como sucedió con las órbitas elípticas y heliocéntricas de Nicolás Copérnico, que desplazaron a los círculos concéntricos de Ptolomeo y su abundancia de ciclos y epiciclos para describir el sistema solar. Todos estos adelantos sentaron las bases de la nueva metodología científica, que sería desarrollada más tarde por Francis Bacon, René Descartes, Galileo Galilei e Isaac Newton.

En las partes no occidentales del mundo, el pensamiento especulativo tradicional tuvo que enfrentar las ideas religiosas y el enfoque intelectual de los misioneros europeos, frecuentemente con resultados fatales, como sucedió con los intentos de “extirpar idolatrías” en América Latina. Los intereses y preocupaciones de los investigadores europeos eventualmente llevarían al surgimiento de lo que Basalla denominó “ciencia colonial” en diversas partes del mundo no occidental.

La aparición del método científico moderno durante los siglos 16 y 17, que culminaría en la gran síntesis newtoniana, permitió relacionar de manera sistemática el mundo de las ideas con el de los fenómenos tangibles. El método científico —

caracterizado por una serie de procedimientos que vinculan a la manipulación de conceptos y símbolos abstractos con los resultados de observaciones y experimentos— generó avances significativos en todas las ramas de la ciencia, desde la astronomía y las matemáticas, hasta la física y la biología. La expansión de la investigación científica incrementó el acervo de conocimientos a tal punto que se hizo imperativo diseñar nuevas maneras de clasificar el creciente cúmulo de información, algo que intentaron hacer los enciclopedistas franceses a mediados del siglo 18.

Durante los dos siglos posteriores a la revolución científica, la ciencia se afianzó como la principal y más exitosa manera de generar conocimientos. Hacia fines del siglo 19, los extraordinarios avances en la física habían llevado a algunos prominentes miembros de la comunidad científica a preguntarse si es que aún quedaban descubrimientos fundamentales por hacer. La teoría de la evolución de Darwin, enriquecida con la contribución de Mendel sobre el papel de los factores genéticos en la herencia, reinaba en las ciencias biológicas y proveía una poderosa metáfora para examinar el comportamiento de los seres humanos.

Dos importantes descubrimientos en la física durante los primeros decenios del siglo 20 —la teoría de la relatividad y la física cuántica— alteraron fundamentalmente las concepciones predominantes sobre la materia. El replanteamiento de Einstein sobre la naturaleza de la realidad física hizo que el espacio y el tiempo dejaran de ser considerados como un andamiaje omnipresente, inmutable e independiente de las fuerzas y cuerpos ubicados en él. Ambos se transformaron en el “espacio-tiempo”, un ente cuatridimensional que interactúa con la masa y la energía. Estas interacciones distorsionan el tejido del espacio-tiempo y hacen que la gravedad no se considere ya como una fuerza que actúa a distancia entre dos cuerpos, tal como había postulado Newton, sino como una curvatura del espacio-tiempo causada por la presencia de masas y fuerzas.

La mecánica cuántica modificaría nuestras concepciones de la realidad física de manera aún más radical. Los físicos clásicos, incluidos Isaac Newton y Albert Einstein, consideraron que era posible, al menos en principio, definir el estado de un sistema mecánico con precisión, sujeto tan sólo a errores de medición. La concepción cuántica del universo introdujo la idea de que la incertidumbre y la probabilidad están imbricadas de manera irreducible en la estructura básica de la materia y la energía. Desde esta perspectiva, no es posible —ni siquiera en principio— determinar con certeza la posición y la cantidad de movimiento (momento) de una partícula en cualquier instante dado: el principio de la incertidumbre de Werner Heisenberg señala que a mayor precisión en la medición de la posición, menos exacta será la medición de su momento.

Sin embargo, tomaría varios decenios más para que estos dos descubrimientos científicos tuviesen aplicaciones prácticas. Las teorías de Einstein, complementadas con las contribuciones de muchos otros físicos destacados, incluyendo los conceptos de mecánica cuántica que permitieron desarrollar modelos de la estructura atómica y ayudaron al desarrollo de la física nuclear, condujeron a construir la bomba atómica durante la segunda guerra mundial. Adicionalmente, la mecánica cuántica estableció los fundamentos teóricos para la invención de los semiconductores, que a su vez allanarían el camino para los avances en microelectrónica y la revolución de la información de la segunda mitad del siglo 20.

Durante los primeros decenios del siglo 20 hubo también importantes avances en las ciencias médicas, entre ellos el hallazgo de antibióticos para tratar las infecciones, el uso de procedimientos seguros para las transfusiones de sangre y el descubrimiento de analgésicos como la novocaína. Además, los métodos estadísticos modernos fueron desarrollados a partir de la segunda década del siglo 20 para extraer información útil de los datos acumulados en el ámbito de la física, la biología y las ciencias sociales. Los procedimientos de muestreo riguroso, las pruebas de hipótesis y el desarrollo de funciones matemáticas para describir las propiedades de las distribuciones estadísticas se convirtieron en herramientas indispensables para la investigación científica. Permitieron a los investigadores extraer el máximo posible de información a partir de un número limitado de datos y observaciones, facilitando de esta manera la aceptación o rechazo de hipótesis en los experimentos o pruebas científicas.

La segunda mitad del siglo 20 fue testigo de grandes avances en las ciencias y tecnologías de la información, que transformaron la manera en que los seres humanos nos comunicamos; en las ciencias biológicas, que llevaron a descubrir el código genético y sentaron las bases para la biotecnología y para modificar la propia naturaleza de los seres humanos; y en las ciencias de materiales, en donde la posibilidad de manipular moléculas y átomos ha abierto nuevas puertas para el desarrollo de tecnologías y aparatos en escala microscópica. En un lapso de sólo tres decenios, estos descubrimientos científicos permitieron el desarrollo acelerado de nuevas tecnologías que alteraron de manera fundamental la forma en que la humanidad se relaciona con su entorno biofísico, y abrieron la posibilidad de alterar en forma deliberada y consciente la dirección de la evolución biológica de los seres humanos. Nuevas técnicas de observación de los fenómenos naturales, en particular el clima, unidas a la capacidad de construir modelos matemáticos y simulaciones en computadora, llevaron a una mejor comprensión de la forma en que la actividad humana está alterando radicalmente el medio ambiente y modificando el entorno biofísico que la soporta.

El vertiginoso ritmo de los avances y descubrimientos ha generado nuevos desafíos para la conducta de la investigación científica. La disponibilidad masiva de

datos sobre una gran variedad de fenómenos, unida a la capacidad cada vez mayor de procesar información, han llevado a automatizar el proceso de generación de hipótesis; la comprobación de algunas hipótesis sobre la constitución de la materia en escala subatómica —tales como las teorías de las supercuerdas— y sobre el origen y destino del universo, requiere de cantidades masivas de energía no disponibles en el mundo actual; y el costo y complejidad de los nuevos emprendimientos científicos en las fronteras de conocimiento los ponen fuera del alcance de la mayoría de establecimientos científicos, públicos o privados, y los convierten en privilegio de una pequeña minoría de instituciones, muchas de ellas colaborativas. Esto está alterando significativamente el carácter de la generación de conocimientos a medida que avanza el siglo 21.

Este breve repaso de la evolución del pensamiento especulativo sugiere que cada civilización desarrolló, a través de la historia, su propia forma característica de generar y adquirir conocimiento. Sin embargo, a lo largo del tiempo y en todas las culturas, es posible observar una transición desde la contemplación y aceptación pasiva de las manifestaciones de la naturaleza hacia una mayor interacción entre los seres humanos y los fenómenos que los rodean. Con variaciones en la forma de abordar los problemas, la velocidad de los avances y el énfasis dado a uno u otro de sus aspectos, los cambios en el pensamiento especulativo y en la manera de generar conocimientos en diferentes sociedades exhiben una gradual, aunque dispar, progresión hacia el uso de la razón como medio principal para estructurar nuestras apreciaciones sobre el mundo físico, social, intelectual y, en menor medida, espiritual. Aun así, y no obstante el retorno en algunas sociedades científicamente avanzadas a concepciones milenaristas y explicaciones religiosas, el ejercicio de la razón puede adoptar múltiples formas y debe ser visto desde una perspectiva amplia, que trascienda el punto de vista estrechamente racionalista de la ciencia occidental, cuyas limitaciones están llevando a reevaluar las formas tradicionales y autóctonas de generar conocimiento, y a postular nuevas maneras de hacer ciencia y de transformar el carácter del pensamiento especulativo.

### 3.2 Avances tecnológicos

A través de la historia cada sociedad ha desarrollado un conjunto de respuestas propias para relacionarse con su entorno biofísico. Prácticas agrícolas, sistemas de irrigación, cría de animales, trabajo de metales, alfarería, fabricación de textiles, trabajos en piedra, medios de transporte, producción de artefactos, métodos de construcción y procedimientos médicos, entre muchas otras maneras de responder a los desafíos de sobrevivir y prosperar, han evolucionado gradualmente en el tiempo como respuestas sociales a las demandas específicas impuestas por los respectivos contextos biofísicos.

Las respuestas técnicas han evolucionado a través de una serie de etapas. Inicialmente, un grupo social tiene a su disposición un conjunto de conocimientos

empíricos pasivos que sólo ofrecen respuesta a desafíos específicos; luego adquiere una base de conocimiento empírico que comienza a detectar variaciones en la eficacia de tales respuestas y a registrarlas mediante procedimientos de prueba y error. En la siguiente etapa desarrolla un fundamento de conocimiento empírico activo y de respuestas técnicas que sienta, en forma aún embrionaria, la base para una experimentación sistemática, pero sin conceptos teóricos previos que orienten los procesos de prueba y error. Mientras se avanza en la transición hacia conjuntos de técnicas cada vez más complejas y mejor equipadas, el repertorio disponible de respuestas aumenta continuamente y crea un vasto “reservorio genético” de conocimiento técnico.

La etapa subsiguiente se caracteriza por la evolución de las respuestas técnicas hacia soluciones que tienen como referente alguna construcción teórica, lo que marca la transición de la “técnica” hacia la “tecnología”. Al inicio estas teorías eran bastante rudimentarias y las tecnologías incipientes asociadas con ellas no diferían mucho de aquellas derivadas de la sistematización del conocimiento empírico activo. Gradualmente, comenzando en el período comprendido entre los siglos 15 y 17, las teorías comienzan a explicar el funcionamiento de las técnicas y a anticipar su evolución. Mucho más tarde, y en particular en el mundo occidental, la teoría tomaría precedencia sobre la práctica en el diseño de respuestas a los desafíos del entorno biofísico. La manipulación de símbolos abstractos conduciría eventualmente al desarrollo de nuevas tecnologías que rebasaban ampliamente el alcance de la experiencia previa y del conocimiento empírico acumulado. La difusión de las prácticas de la ingeniería y la institucionalización de la profesión de ingeniero, particularmente durante los siglos 17 y 18, están estrechamente asociadas al triunfo de la tecnología sobre la técnica.

Debido a que la evolución de las técnicas por medio de prueba y error requiere una participación directa en la producción, las estructuras institucionales para la transformación de la base tecnológica en el Mundo Antiguo y la Edad Media estuvieron estrechamente ligadas a las entidades involucradas en la modificación y expansión de las actividades productivas. En forma adicional, a medida que la técnica se metamorfoseaba en tecnología y que la gama de respuestas tecnológicas potenciales se ampliaba rápidamente, un conjunto de hábitos de pensamiento y de prácticas sociales —que configuraba el “sentido común” de gestión en un lugar y tiempo determinados— proveyó criterios para elegir entre estas tecnologías. El creciente acervo de información sobre las posibles respuestas a los desafíos del medio ambiente físico, biológico y social hizo necesario desarrollar mecanismos institucionales —organizaciones, reglas y regulaciones, criterios de selección— cuya función era guiar la transformación de respuestas potenciales en respuestas reales y que, como consecuencia, establecieron pautas para la evolución de la base tecnológica y la modificación de las actividades productivas.

El conocimiento técnico, que hasta fines de la Edad Media se había acumulado principalmente sobre la base de procedimientos de prueba y error y de la experimentación sistemática pero sin sustento teórico, comenzó a crecer y a difundirse con rapidez por todo el mundo, al mismo tiempo que se transformaba cada vez más en tecnología. El descubrimiento europeo, particularmente ibérico, de nuevas tierras, gentes, plantas, animales y productos estimuló la investigación y el intercambio de conocimientos sobre técnicas y productos. En la segunda mitad del siglo 16, Francis Bacon argumentaría que tres descubrimientos tecnológicos —la pólvora, el compás magnético y la imprenta— habían cambiado el curso de la historia humana. Los progresos en la ingeniería militar, con la construcción de fortalezas, puentes y armamento mecanizado, y en la ingeniería civil, con la edificación de palacios, iglesias, casas, acueductos y sistemas de irrigación, se propagaron con facilidad a medida que el acceso a los diseños y planos se hizo más fácil y los ingenieros comenzaron a viajar extensamente.

Varios ensayos y tratados sobre agricultura, mecánica, metalurgia, medicina y alquimia (precursora de la química) circularon ampliamente entre quienes practicaban estas actividades. Esto hizo que el conocimiento y la información, antes celosamente guardados, estuvieran a disposición de un creciente número de personas interesadas. A medida que el valor económico de tales avances tecnológicos se puso en evidencia, la creación de un rudimentario sistema de patentes, primero en Venecia y luego en otras ciudades de Italia y de Europa, constituyó el primer intento por establecer lo que hoy se conoce como "derechos de propiedad intelectual". Paralelamente se produjo un desplazamiento gradual de las fuentes de energía, a medida que los molinos de viento y agua sustitúan a la fuerza animal y humana, y que éstos eran reemplazados, a su vez, por otros artefactos mecánicos tales como el motor a vapor. De esta forma, hacia finales del siglo 18 el avance de la tecnología había contribuido a aumentar significativamente la disponibilidad de fuerza motriz y a mejorar la eficiencia en el uso de las fuentes de energía.

Las primeras ideas para la invención de calculadoras mecánicas —que eventualmente reemplazarían el trabajo intelectual rutinario— fueron propuestas por Blas Pascal hacia 1640. Casi dos siglos después, en el decenio de 1830, Charles Babbage diseñó su "motor diferencial", una máquina capaz de realizar una diversidad de operaciones matemáticas mediante la combinación de numerosos engranajes de distintos tamaños y ubicados en diferentes posiciones. Sin embargo, aunque las calculadoras mecánicas se volvieron algo común durante la segunda mitad del siglo 19, sería necesario esperar aún otros cien años para que los diseños de Babbage pudieran realizarse en la práctica, con la construcción de las primeras computadoras programables.

El progreso en la ingeniería militar, naval, civil y mecánica se asociaría gradualmente con los avances en las matemáticas y la física. La invención del cálculo infinitesimal por parte de Gottfried Leibniz e Isaac Newton proveyó las herramientas

matemáticas para resolver problemas complejos, tales como el cálculo de las trayectorias de cuerpos sujetos en aceleración. El auge de las ciencias de la ingeniería expandiría considerablemente el rango de conocimiento tecnológico en las potencias imperiales europeas y en algunas de sus colonias. La importancia de la ciencia y tecnología modernas sería recalcada por la posición privilegiada que les otorgarían los Padres de la Independencia en los Estados Unidos de Norteamérica.

De esta manera, entre los siglos 17 y 19 los progresos en el conocimiento tecnológico condujeron a una variedad de maneras de expandir las capacidades humanas, tanto físicas como intelectuales. En forma cada vez mayor, el progreso tecnológico durante este período comenzó a vincularse directamente con los avances en las ciencias, preparando el terreno para el predominio de las tecnologías basadas en descubrimientos científicos en los siglos 19 y 20.

Hacia fines del siglo 19 las nuevas aplicaciones de la electricidad y de los compuestos sintéticos transformaron rápidamente la base tecnológica en las naciones industriales más avanzadas. La interpenetración de la ciencia y la tecnología continuó a paso acelerado, particularmente en la industria química, ya que los progresos en la química orgánica llevaron al desarrollo de nuevos productos —plásticos, pesticidas, fibras sintéticas—, muchos de ellos derivados del petróleo, cuya producción aumentó significativamente. Al mismo tiempo, los avances en la física y la metalurgia condujeron a progresos tecnológicos en la siderurgia y la industria metal mecánica.

Durante los primeros decenios del siglo 20 la investigación científica orientada deliberadamente hacia fines prácticos transformó al conocimiento en un factor crítico para la producción. Los laboratorios industriales, tales como los de la industria química en Alemania, comenzaron a producir un flujo continuo de invenciones — particularmente nuevos productos y procesos de fabricación— que rápidamente encontraban su lugar en las plantas industriales. La estandarización y la manufactura de componentes intercambiables condujeron a incrementos significativos de productividad, y la introducción de métodos de organización industrial —liderada por Frederick Taylor y su "administración científica"— hizo posible aumentos aún mayores en la eficiencia manufacturera.

La electricidad y los hidrocarburos se convirtieron en las principales fuentes de energía para la industria, el transporte y el hogar. El aumento de la capacidad de generación de electricidad, tanto de fuentes térmicas como hidráulicas; las mejoras en las redes de transmisión y distribución, que permitieron transportar energía a grandes distancias; y la mayor disponibilidad de motores eléctricos, que se hicieron más pequeños, baratos y eficientes, redujeron el costo de la energía eléctrica, multiplicaron sus aplicaciones y permitieron que su utilización se difundiera ampliamente. Algo

similar sucedió con el motor de combustión interna, cuyo perfeccionamiento —unido a la mayor disponibilidad de petróleo y gasolina— condujo al espectacular crecimiento de la industria automotriz durante el segundo y tercer decenios del siglo 20. A su vez, esto provocó cambios fundamentales en la producción y en la distribución de todo tipo de bienes, en la organización de la vida privada y en la conducción de las guerras.

La rápida expansión de la industria automotriz, que estuvo asociada con la disponibilidad casi ilimitada de petróleo y gasolina a precios relativamente bajos, llevó al desarrollo de vastos sistemas viales, primero en los Estados Unidos, luego en Europa y posteriormente en el resto del mundo. A su vez, esto hizo necesario establecer grandes redes de estaciones de servicio, talleres de reparación, y de proveedores de repuestos y accesorios para automóviles. A medida que el automóvil se convertía en un bien asequible, pero aún fuera del alcance de la mayoría de las familias, las instituciones financieras empezaron a ofrecer líneas de crédito para facilitar su compra, una innovación financiera que pronto se extendió a otros bienes de consumo durable.

Nuevos equipos y maquinarias para la industria (máquinas-herramientas), agricultura (tractores y cosechadoras), construcción (moto niveladoras y mezcladoras de concreto), minería y petróleo (perforadoras y brocas), y para realizar tareas administrativas (máquinas de escribir y calculadoras) mejoraron la productividad en prácticamente todos los sectores de la economía. La industria de la aviación se inició en los primeros años del siglo 20 y en sólo unos pocos decenios los aviones introdujeron cambios fundamentales en el transporte a larga distancia de correo, pasajeros y carga, y también en las actividades bélicas. Las innovaciones en el campo de la tecnología de las telecomunicaciones y la posibilidad de grabar la voz, los sonidos y las imágenes transformaron las interacciones humanas y proporcionaron nuevos medios para el almacenamiento y diseminación de enormes cantidades de información a través del espacio y del tiempo.

Los desarrollos tecnológicos en microelectrónica y biotecnología en la segunda mitad del siglo 20 abrieron las puertas a una multiplicidad de nuevos productos y procesos basados en la manipulación y procesamiento de la información, en los ámbitos subatómico y genético, respectivamente. Los avances en tecnologías espaciales llevaron al despliegue de un gran número de satélites de comunicación, que intensificaron los intercambios entre personas y organizaciones, permitieron la transmisión masiva de datos, y sentaron las bases para el proceso de globalización económica y financiera que se extendió por todo el mundo al finalizar el siglo 20. Entre otros avances tecnológicos, la difusión de teléfonos móviles ha cambiado radicalmente las posibilidades de realización personal de un gran número de personas en los países en desarrollo. Las nuevas tecnologías vinculadas a modificaciones del código genético han permitido diseñar nuevas especies de plantas, clonar animales, reproducir órganos de seres humanos, y desarrollar terapias basadas en alteraciones del código genético, lo que ha creado una serie de controversias

acerca del uso de estas tecnologías, de su impacto en el medio ambiente y de los problemas éticos que presenta la posibilidad de alterar conscientemente la evolución biológica de la humanidad.

Al finalizar el siglo 20, las interacciones entre descubrimientos científicos y avances tecnológicos se intensificaron y cristalizó la idea de que las distinciones entre ciencia y tecnología estaban desapareciendo, sobre todo en las fronteras del conocimiento. De acuerdo a Melvin Kranzberg, un distinguido historiador de la ciencia y la tecnología, “las viejas distinciones entre investigación básica y aplicada, entre ciencia y tecnología, han perdido su significado. Así, ¿dónde termina la ciencia y donde empieza la tecnología —y viceversa— en campos tales como la bioingeniería, la ingeniería genética, la energía nuclear, las ciencias de la información y la computación, materiales superconductores, y otros similares? Por lo tanto, están surgiendo nuevas relaciones institucionales para ensanchar la encrucijada ciencia-tecnología-innovación”.<sup>8</sup>

De esta manera, con el crecimiento de las tecnologías basadas en la ciencia, el conocimiento tecnológico comenzó a permear todas las actividades productivas y de servicios en las naciones industrializadas, y reemplazó casi por completo al conocimiento técnico adquirido a través de procedimientos de prueba y error. Sin embargo, en la mayoría de los países fuera de Europa, los Estados Unidos y, en menor medida, Japón, las técnicas tradicionales continuarían proporcionando el sustento básico de la mayoría de las personas, sobre todo en las regiones más pobres de Asia, África, América Latina y el Medio Oriente. Incluso en las naciones más industrializadas existían núcleos de actividades productivas artesanales y “hechas a mano”, cuyos productos son aún altamente cotizados y buscados.

Esta breve reseña de la transformación de la base tecnológica indica que los desafíos impuestos por el ambiente biofísico condicionan la demanda de las respuestas técnicas, tecnológicas y organizativas que adoptan las sociedades para hacerles frente. Aunque la transición entre técnica y tecnología tuvo lugar principalmente y con mayor éxito en Occidente, las culturas y sociedades no occidentales también adquirieron y desarrollaron sus propios conjuntos de respuestas técnicas y tecnológicas, generalmente apropiadas a su contexto, frecuentemente basadas en mezclas de conocimiento propio y occidental, pero siempre procesadas a través de sus propias estructuras institucionales. A medida que se comienza a cuestionar la idoneidad del acervo de respuestas tecnológicas de Occidente, principalmente debido a criterios de sustentabilidad ambiental e impacto social, sería útil estudiar las configuraciones alternativas de la base tecnológica en países que no han sido occidentalizados del todo, en donde el conocimiento y las técnicas tradicionales de bajo impacto sobre el entorno biofísico y social aún juegan un papel importante.

<sup>8</sup> M. Kranzberg 1989.

### 3.3 Transformación productiva

La modificación y expansión de las actividades productivas están motivadas principalmente por la satisfacción de las necesidades de los miembros de una sociedad. Con el transcurrir del tiempo todos los grupos sociales han ampliado la gama de productos y servicios disponibles para sus integrantes, han mejorado su calidad y perfeccionado sus métodos de producción. El intercambio de conocimiento e información —principalmente a través del comercio, la migración y, en el último medio siglo, la transmisión electrónica de datos, textos e imágenes— ha jugado un papel central en la capacidad de producir cada vez más productos y servicios de mejor calidad, y con una menor cantidad de insumos. Sin embargo, la definición de necesidades varía con el tiempo, el grado de desarrollo material de la sociedad y con los patrones de distribución del ingreso. Siguiendo las lógicas del mercado y de la acumulación de capital, en la actualidad una gran cantidad de “necesidades” que mantienen el crecimiento económico son generadas artificialmente por la propaganda y la publicidad, particularmente en los países de altos ingresos.

La expansión y transformación de las actividades productivas han estado estrechamente vinculadas a la evolución del proceso de acumulación, y a la forma en que el excedente económico era apropiado, distribuido y asignado a las diversas actividades sociales. Los usos tradicionales de la acumulación —característicos de la mayoría de las civilizaciones y sociedades hasta la expansión del capitalismo europeo— incluían asegurar la provisión y almacenamiento de alimentos; la construcción de templos, palacios y murallas defensivas; el mantenimiento de fuerzas armadas y la conducción de operaciones militares; el apoyo a la religión y el clero; y el mecenazgo de las artes, artesanos y la búsqueda del conocimiento. Los nuevos usos de la acumulación de riqueza comenzaron a diseminarse durante el período final de la Edad Media y el Renacimiento, y se fueron consolidando durante la expansión de los imperios europeos y la propagación del modo de producción capitalista. Estos nuevos usos incluyeron la apertura de rutas comerciales, el descubrimiento de recursos naturales, las inversiones para incrementar la productividad del trabajo, la facilitación de las transacciones comerciales, y la creación o adquisición de nuevo conocimiento científico y tecnológico. De esta manera, los excedentes acumulados en las sociedades capitalistas fueron invertidos para generar aún mayores excedentes, los que a su vez consolidaron el ciclo de acumulación.

Las actividades productivas y de servicios crecieron durante los siglos 15 a 17 en estrecha conexión con el repertorio de respuestas técnicas y tecnológicas de la época. Es más, antes del advenimiento de la “tecnología”, la evolución conjunta del conocimiento técnico y de las actividades productivas hizo que fuera bastante difícil distinguir entre técnica y producción. Tras el matrimonio entre logos y techné, la gama de posibles

respuestas a los desafíos del entorno biofísico y social se incrementó de tal manera que sólo una proporción cada vez menor de estas respuestas se llevaba a la práctica. Una variedad de arreglos institucionales, en su mayoría ligados a las fuerzas del mercado y a la asignación de recursos financieros, filtraría el creciente acervo de potenciales respuestas tecnológicas y seleccionaría aquellas relativamente más eficientes o rentables para ser puestas en práctica.

Un contrapunto entre la gama de productos y servicios disponible, por un lado, y las necesidades a ser satisfechas, por otro, ha sido un rasgo intrínseco de la expansión y modificación de la producción en todas las sociedades. Las necesidades han acicateado el ingenio humano para crear nuevos productos y servicios, así como las técnicas y tecnologías asociadas con ellos. A medida que aumentaba la disponibilidad de nuevos productos y servicios, y que el conocimiento y la información incrementaban la capacidad potencial de proporcionarlos, se producía un correspondiente crecimiento y diversificación de necesidades, lo que, a su vez, generaba una demanda efectiva de tales bienes y servicios. Los procesos de migración del campo a la ciudad y el surgimiento de grandes centros urbanos facilitaron la concentración de la población consumidora, contribuyeron a la aparición de las clases medias y permitieron generalizar la producción en masa de muchos bienes.

Las diferentes civilizaciones organizaron la producción y distribución de bienes y servicios a través de una gran variedad de instituciones. Si bien en la actualidad los mercados autorregulados aparecen como la manera “natural” de estructurar dichas actividades, a través de la historia y en la mayor parte del mundo, la reciprocidad, el trueque y los mercados locales, así como una diversidad de mecanismos de redistribución (*diezmo, zakat, potlach*) —usualmente articulados y mediados por autoridades jerárquicas—, proporcionaron el soporte institucional para las actividades económicas y sociales.

Con el tiempo, el intercambio de bienes y servicios comenzó a estructurarse principalmente a través de mecanismos de mercado, que evolucionaron de simples puestos a lo largo de las principales rutas comerciales hasta convertirse en lugares específicos donde convergían vendedores y compradores, tales como bazares y ferias. Siglos más tarde, esto llevaría a la creación de mercados autorregulados para el intercambio de representaciones simbólicas de bienes y servicios. A medida que se expandía el ámbito geográfico de estos intercambios, las transacciones de mercado reemplazaron al comercio personalizado y sobre la base de parentescos que caracterizaba a las pequeñas comunidades. Las transacciones impersonales con desconocidos requerían de nuevos mecanismos institucionales para evitar el comportamiento oportunista y hacer que las operaciones de compra y venta en los mercados fueran confiables y seguras. De esta manera surgió una amplia gama de instituciones complementarias para facilitar

la organización de actividades de producción y servicios, tales como los derechos de propiedad y los contratos formales, que permitieron a los agentes económicos reducir riesgos y anticipar los resultados de sus actividades económicas.

Una diversidad de instituciones, algunas relacionadas con incipientes agencias estatales y otras con asociaciones privadas, emergieron a fines de la Edad Media y durante el Renacimiento para proveer los bienes públicos —medios para validar y hacer respetar contratos, información sobre el comportamiento comercial de los agentes económicos en el pasado, acuerdos sobre reglas de comercio, pesos y medidas estandarizados, datos sobre los términos contractuales de acuerdos previos— que se requieren para el buen funcionamiento de los mercados autorregulados y para reducir los costos de transacción. De modo similar, y yendo mucho más allá de la difusión del uso del dinero como medio para facilitar el intercambio comercial, las instituciones financieras y de seguros fueron creadas para viabilizar operaciones riesgosas que cubrieran largas distancias o tiempos muy extensos.

Como consecuencia, las actividades productivas se expandieron y diversificaron a un ritmo sin precedente durante el Renacimiento y los siguientes siglos. Las mejoras en los medios de transporte aumentaron el intercambio comercial y llevaron a una mayor especialización y división del trabajo entre las economías de Europa y las de otras partes del mundo.

Los excedentes obtenidos del comercio, la agricultura y las colonias comenzaron a ser canalizados hacia nuevas empresas productivas, frecuentemente a través de instituciones financieras incipientes. Desde un período tan temprano como el siglo 13, algunos mercaderes italianos habían comenzado a abrir cuentas entre ellos para reducir el costo y los riesgos asociados a los pagos con moneda. Para esto emitieron notas de cambio que autorizaban al vendedor a retirar dinero de la cuenta del comprador en un plazo determinado. A medida que esta práctica se difundió, los comerciantes que recibían depósitos como resultado de transacciones con varios vendedores y compradores, se percataron que no necesitaban inmovilizar el total de los recursos financieros asociados con cada una de esas transacciones, que por lo general abarcaban períodos y plazos diferentes. Los balances no utilizados podían emplearse para comprar a precio de descuento los papeles de intercambio de aquellos vendedores que deseaban contar con su dinero antes del plazo especificado. Esto permitió a los comerciantes receptores de depósitos obtener un beneficio igual a la diferencia entre el precio del descuento y el monto de la transacción original. Desde estos inicios surgió gradualmente una gran variedad de bancos e instituciones para financiar el comercio e invertir en la producción.

A medida que aumentaban las solicitudes de financiamiento por parte de productores y comerciantes, los bancos y financistas enfrentaron el problema de

elegir entre solicitudes que competían por recursos. De esta manera se transformaron gradualmente en entidades seleccionadoras de proyectos, que decidían sobre la asignación de recursos financieros principalmente sobre la base de las utilidades esperadas de cada solicitud. La expansión mundial de los imperios coloniales incrementó significativamente la importancia de los bancos como intermediarios financieros, hasta el punto en que llegaron a ser capaces de financiar, no sólo empresas comerciales y productivas, sino también guerras y expediciones a tierras desconocidas.

Las actividades productivas y de servicios experimentaron profundas transformaciones durante el siglo 18, particularmente durante la Revolución Industrial que comenzó en Inglaterra y luego se propagó por Europa. El sistema fabril, que reemplazó a la producción artesanal y se estableció primero en la industria textil, se expandió rápidamente hacia otras actividades manufactureras. Las transformaciones institucionales que acompañaron a la Revolución Industrial requirieron del establecimiento en gran escala de mercados laborales, financieros e inmobiliarios autorregulados. Estos mercados nacionales surgieron primero en Inglaterra y, paradójicamente, requirieron de la enérgica intervención del Estado y del gobierno central para convertirse en realidad.

La rápida expansión de los imperios europeos en África, Asia y América Latina hizo imposible considerar la evolución de la generación, adquisición, distribución y uso del conocimiento científico, la tecnología y las actividades productivas en estas regiones, así como el funcionamiento de las instituciones asociadas a estas actividades, sin referirse a lo que sucedía en las naciones e imperios occidentales.

El repertorio de respuestas técnicas y tecnológicas de Europa, particularmente en el campo militar, probaría ser arrollador para las civilizaciones africanas, hindú, mesoamericana, andina, china y del sudeste asiático. Al mismo tiempo, el intercambio de plantas y animales expandió rápidamente las actividades agrícolas en Europa y en las tierras conquistadas. La producción y el comercio con las colonias y con remotos puestos de intercambio comercial se organizaron en función de los requerimientos de las potencias europeas, como lo demuestran el comercio de especies, la minería de oro y plata, el establecimiento de grandes plantaciones y haciendas, el comercio de textiles (algodón, seda y lana) y el infame tráfico de esclavos. En cada una de estas regiones el conocimiento tradicional y sus instituciones no desaparecieron del todo y en muchos casos, como la región andina, China e India, han coexistido incómodamente durante siglos con sus contrapartes transplantadas de Occidente. En contraste con las tierras colonizadas, Japón adoptó políticas que le permitieron permanecer aislado de la influencia europea hasta mediados del siglo 19, cuando la dinastía Meiji se embarcó en un esfuerzo deliberado por obtener conocimiento y tecnología de Occidente, pero adaptando las instituciones occidentales a la realidad nipona.

El surgimiento de dos nuevos conjuntos de actividades industriales en la segunda mitad del siglo 19 —la electricidad y la química orgánica— señaló la transición hacia la producción basada en conocimientos científicos en los países industrializados. Esto se convertiría en una característica predominante en la evolución del conocimiento y la información durante el siglo 20, a medida que aumentó el número y la penetración de las actividades productivas y de servicios derivadas directamente de los descubrimientos científicos y los avances tecnológicos.

A partir de mediados del siglo 19, las tecnologías agropecuarias comenzaron también a experimentar transformaciones significativas, particularmente en los Estados Unidos con el establecimiento de las universidades estatales agrícolas (*land grant colleges*), y de una red de estaciones experimentales y servicios de extensión agrícola. Las ciencias, tecnologías y prácticas médicas, que habían dado un gran salto en los siglos 17 y 18 gracias a los avances en anatomía y el uso del microscopio, experimentaron un impulso aún mayor durante el siglo 19 con el descubrimiento de las vacunas, la teoría microbiana de las enfermedades y el uso de la anestesia.

En la manufactura, siguiendo la original e influyente descripción y explicación del impacto de la división del trabajo de Adam Smith a fines del siglo 18, los estudios de tiempos y movimientos liderados por Lillian Gilbreth y los procedimientos rigurosos de programación propuestos inicialmente por Henry Gantt, llevaron a fines del siglo 19 al desarrollo de la ingeniería industrial y a la “administración científica”, como la llamaría Frederick Taylor dos decenios más tarde. El método científico empezó a ser aplicado, no sólo al desarrollo de conocimientos tecnológicos para la producción, sino también a una amplia gama de actividades de dirección, gestión, coordinación y administración de la producción.

Hacia finales del siglo 19, el proceso de integración a los mercados mundiales estaba muy avanzado en la mayoría de las regiones, aunque los patrones de comercio eran sumamente asimétricos. Las naciones más industrializadas de Europa y Norte América exportaban bienes manufacturados y servicios intensivos en conocimiento y tecnología, mientras que las colonias en Asia, África y Medio Oriente, así como las naciones independientes de América Latina y otras regiones, exportaban básicamente productos básicos y materias primas. La primera guerra mundial, la Gran Depresión y la segunda guerra mundial interrumpieron este proceso de integración, creando condiciones favorables para el desarrollo de actividades industriales fuera de Europa y de Norte América. Los países en desarrollo disfrutaron de cierto grado de “protección natural” para su industria manufacturera en la medida en que los sistemas productivos de las naciones industrializadas se dedicaron al esfuerzo bélico entre 1914-1917 y 1939-1945, y también cuando experimentaron una profunda crisis durante la Gran Depresión de los años treinta. América Latina y la India aprovecharon esta situación y

pusieron en práctica estrategias de sustitución de importaciones que incrementaron su producción industrial y ampliaron sus mercados internos.

Los treinta años siguientes a la segunda guerra mundial fueron un período de prosperidad económica sin precedentes en el ámbito mundial, una “era dorada” en la cual todas las regiones experimentaron un crecimiento económico sostenido. Los procesos de descolonización y la idea de que el desarrollo económico podía ser estimulado mediante la planificación e intervenciones deliberadas motivaron una serie de iniciativas de política, que abarcaron desde el “gran empuje” a las inversiones públicas para promover el crecimiento, hasta una confianza irrestricta en el funcionamiento de las fuerzas del mercado para avanzar hacia la prosperidad. La Guerra Fría dividió al mundo en dos grandes campos, uno orientado hacia la planificación centralizada y el sistema político de partido único, y otro hacia la economía de mercado y la democracia pluralista, cada uno de los cuales se presentaba a los países en desarrollo como modelo a ser emulado.

El colapso de la Unión Soviética y la caída del Muro de Berlín eliminaron una de estas dos opciones y demostraron que las economías de mercado son más eficientes para generar riqueza y asignar recursos. Al mismo tiempo, pusieron de manifiesto que hay una gran variedad de economías de mercado y que las economías reales son todas, de diversas maneras, economías mixtas en las cuales el Estado cumple distintos papeles, desde simple árbitro de la competencia entre empresas, hasta activo promotor de sectores económicos y de inversiones en actividades específicas. La experiencia de los últimos dos decenios del siglo 20 ha demostrado también que el funcionamiento irrestricto del mercado genera desigualdades y concentración de la riqueza, y conduce a descalabros económicos y financieros, por lo que se ha revalorizado la intervención estatal para nivelar el acceso a las oportunidades de desarrollo personal y empresarial. Las periódicas crisis económicas, que culminaron con el colapso financiero del 2008, sin precedentes desde la crisis de 1929 y la Gran Depresión, reforzaron la creencia de que es preciso regular el funcionamiento de los mercados, y en especial de los financieros, de manera más activa y cuidadosa.

Si bien el progreso de la humanidad a través de la historia ha estado íntimamente ligado a la generación de conocimientos y los avances tecnológicos, durante los últimos decenios del siglo 20 el crecimiento explosivo de la disponibilidad de datos, información y conocimiento, así como la posibilidad de compartirlos sin restricciones geográficas, temporales o institucionales, han creado un nuevo escenario para el uso de las facultades humanas, y para transformar las actividades productivas mediante la incorporación de tecnologías basadas en descubrimientos científicos. Como consecuencia, a inicios del siglo 21 el mundo ha entrado de lleno a la “sociedad del conocimiento”, que es radicalmente diferente a las sociedades agrícolas o industriales de tiempos pasados.

Los avances en productividad y la “desmaterialización” de la economía han reducido la importancia relativa de la agricultura, industria, minería, pesca y actividades similares, y la proporción de trabajadores manuales que producen bienes tangibles ha disminuido continuamente, particularmente en los países con una base científica y tecnológica endógena. En contraste, se incrementó significativamente la participación de las actividades intensivas en conocimiento, y la de los trabajadores involucrados en la educación, el gobierno, los servicios de todo tipo, el procesamiento e intercambio de información, los medios de comunicación y las actividades artísticas. Esta nueva situación ha producido cambios fundamentales en la relación entre trabajadores intelectuales y manuales. Mejoró el estatus y la remuneración de los trabajadores del conocimiento, pero al mismo tiempo aumentó el contenido educativo de sus actividades y surgieron patrones de empleo más flexibles e inestables. Más aún, la aceleración de la obsolescencia de los conocimientos y la tecnología ha hecho necesario que las nuevas generaciones de trabajadores se embarquen en procesos de aprendizaje continuos y de por vida.

La constatación cada vez más difundida y aceptada de que las inversiones en generación de conocimientos, avances tecnológicos y en la innovación son los motores principales del crecimiento económico en la sociedad del conocimiento, ha motivado una reevaluación de la función del sector público en el financiamiento de la investigación científica y tecnológica, particularmente en los países en desarrollo. Asimismo, el papel cada vez más importante que juega el sector privado en la investigación científica y el desarrollo tecnológico en los países de altos ingresos ha llevado a una reexaminación del funcionamiento de las instituciones de educación superior y de las reglas de propiedad intelectual, con el fin de garantizar el acceso a conocimientos y tecnologías en beneficio de la sociedad en conjunto.

Estas breves apreciaciones históricas muestran que los cambios en la organización social de la producción, que son consecuencia de la forma en que se emplea el excedente económico y de la dirección que toma el proceso de acumulación, interactúan con las transformaciones de la base tecnológica y con la evolución del pensamiento especulativo y la creación de conocimientos. La expansión del repertorio de respuestas tecnológicas presenta al sistema productivo con una gama de posibilidades para incrementar la generación de excedente, mientras que la mayor disponibilidad de recursos financieros constituye un desafío para la inventiva humana, y estimula el desarrollo de nuevas tecnologías y de nuevas formas de pensamiento especulativo y la generación de conocimientos. La emergencia del concepto secular de la razón, la desacralización de la naturaleza, y la concepción racional del mundo que nos rodea, que encontraron su expresión inicial más completa en la mente de pensadores como René Descartes y Francis Bacon, proporcionaron, a principios del siglo 17, los fundamentos ideológicos para la organización de la producción de acuerdo a las demandas del proceso de acumulación, y también para la apropiación privada del excedente que se asocia

con el surgimiento de las economías de mercado. Al mismo tiempo, la difusión del sistema productivo capitalista, característico de la civilización industrial de Occidente, contribuyó al predominio de la perspectiva secular e instrumental de la razón que expandió su alcance en forma implacable.

Una constante en el proceso de evolución de las actividades productivas, particularmente durante los últimos cuatro siglos con la difusión del capitalismo, la economía de mercado y la civilización industrial de Occidente, ha sido la expansión geográfica de su ámbito de acción. Desde su organización en el ámbito local, las actividades productivas y de servicios se extendieron en las esferas regional y continental, y con la globalización en la actualidad abarcan la totalidad del planeta. Sin embargo, el aprendizaje productivo y tecnológico de una diversidad de economías emergentes, hasta hace poco en la periferia de la economía mundial, está desplazando gradualmente, pero quizás en forma inexorable, a los antiguos centros de producción e innovación tecnológicas ubicados en Europa y Norteamérica. Por otra parte, este proceso de internacionalización ha sido acompañado por la aparición de una élite global de consumidores con patrones de consumo relativamente similares, que se superponen sobre pautas locales de consumo en los países en desarrollo —las cuales corresponden a niveles mucho menores de ingresos y de uso de recursos.

### 3.4 Procesos y sistemas de innovación

La centralidad de la innovación tecnológica en la transformación productiva fue destacada por el economista Joseph Schumpeter en el segundo tercio del siglo 20, quien comparó los cambios que produce la introducción de innovaciones en la economía con el proceso de evolución. De acuerdo a Schumpeter, la introducción de innovaciones conduce al proceso de “destrucción creativa”, por el cual nuevos y mejores productos, así como procesos y procedimientos más eficientes, reemplazan continuamente a aquellos que pierden vigencia con la aparición de nuevas tecnologías y formas de organizar la producción. Esto lleva a la desaparición de empresas y actividades productivas que emplean tecnologías obsoletas y no pueden competir en el mercado con aquellas que introducen nuevos productos, desarrollan y aplican nuevas tecnologías, obtienen acceso a nuevas fuentes de insumos, y adoptan nuevas formas de organización y procedimientos operativos. No obstante la disrupción y los estragos que genera este continuo y recurrente proceso de destrucción creativa, las reestructuraciones del aparato productivo resultante conducen, a la larga, a niveles más altos de productividad, a una mayor competitividad en el mercado internacional y a mejores tasas de crecimiento económico.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Véase: Joseph Schumpeter 1934; 1939; y 1943.

Christopher Freeman y sus colegas en el Science Policy Research Unit (SPRU) de la Universidad de Sussex iniciaron a partir de mediados del decenio de 1960 una serie de trabajos empíricos y teóricos inspirados en las ideas de Schumpeter. En ellos destacaron la centralidad de la innovación tecnológica en el desempeño económico de empresas, sectores y países, y en los cambios que experimentan los patrones de comercio internacional. Vincularon también estas ideas con los planteamientos acerca de los ciclos largos en la economía mundial, señalando que más allá de la aparición de nuevas tecnologías, lo que cuenta es la difusión de conjuntos interrelacionados de innovaciones tecnológicas, que denominaron "sistemas tecnológicos".<sup>10</sup> Paralelamente, Richard Nelson y Sydney Winter, calificándose como neoschumpeterianos, aplicaron ideas evolucionistas al análisis de la competencia tecnológica como motor del desarrollo de las economías capitalistas. Pusieron énfasis en un enfoque del comportamiento empresarial derivado de las ideas de "racionalidad limitada" en los individuos, la toma de decisiones con información imperfecta e incertidumbre, la persistencia de desequilibrios y las discontinuidades en los regímenes tecnológicos, que se apartan de los supuestos básicos de la teoría neoclásica de toma de decisiones.<sup>11</sup>

El reconocimiento de la creciente complejidad e importancia de las interacciones entre la generación de conocimiento, el avance tecnológico, la transformación productiva y los procesos a través de los cuales se incorporan nuevos productos, procesos y procedimientos a las actividades productivas y de servicio, dio origen al concepto de "sistemas nacionales de innovación" (también denominados "sistemas de innovación" o "sistemas de innovación tecnológica") durante los decenios de 1980 y 1990. Las ideas derivadas de la economía evolucionista fueron empleadas para explicar el comportamiento de las empresas y de los agentes públicos y privados que intervienen en los procesos de innovación tecnológica, y para examinar la trayectoria de la evolución económica de sectores y países.<sup>12</sup>

En forma esquemática, un sistema de innovación abarca el conjunto de entidades privadas, públicas, académicas y de la sociedad civil involucradas en la creación, difusión y utilización del conocimiento y la tecnología; sus interrelaciones e interacciones, las estructuras institucionales y los incentivos y reglas del juego que las condicionan; y los beneficios y ventajas que generan en la producción de bienes y la provisión de servicios. Con el aumento en la variedad y el número de agentes involucrados en hacer efectivo los procesos de innovación, hacia fines del siglo 20 surgió una concepción cada vez más amplia e integrada del conjunto de entidades que intervienen en ellos, y de las motivaciones que configuran su comportamiento en el marco de las economías capitalistas.<sup>13</sup>

<sup>10</sup> Christopher Freeman, J. Clark y Luc Soete 1982; y Christopher Freeman 1991.

<sup>11</sup> Richard Nelson y Sydney Winter 1982. Para un resumen de las principales ideas de esta corriente de pensamiento en la economía, véase Jan Fagerbert 2002.

<sup>12</sup> Véase: Christopher Freeman 1987 y 1995: 5-24; y Richard Nelson 1993.

<sup>13</sup> Para una recopilación de contribuciones sobre la teoría y práctica de sistemas de innovación en el contexto de la globalización y el proceso de desarrollo véase B. A. Lundvall 1992; Fred Gault 2010; y Erika Kraemer-Mbula y Watu Wamae 2010.

Desde esta perspectiva, un sistema de innovación incluye, como mínimo, las siguientes entidades:

- Organizaciones públicas, privadas, académicas y de la sociedad civil generadoras y transmisoras de conocimiento en el sistema educativo y de capacitación, así como aquellas dedicadas específicamente a la investigación científica y el desarrollo tecnológico.
- Empresas productivas y de servicios de todo tipo, que realizan innovaciones incorporando tecnología y conocimiento en sus actividades, sea ya en forma individual u operando de manera conjunta en conglomerados, asociaciones o redes.
- Empresas, organizaciones y entidades públicas, privadas o de la sociedad civil que prestan servicios tecnológicos, gerenciales y productivos (información sobre tecnologías, acceso y difusión de normas técnicas, apoyo en control de calidad, asistencia técnica y capacitación laboral, adaptación y absorción de tecnologías, gestión tecnológica, asesoría financiera) a las unidades productivas y de servicios que incorporan innovaciones tecnológicas.
- Instituciones y agencias públicas que establecen políticas en el campo de la macroeconomía, los sectores productivos y sociales, la ciencia y tecnología, y el marco de regulación, todas las cuales condicionan y afectan los procesos de innovación.
- Instituciones y empresas que proporcionan la infraestructura física (transportes, comunicaciones, energía, agua y saneamiento) que constituye el soporte material para la innovación que realizan las unidades productivas y de servicios.
- Organizaciones que ayudan a crear un ambiente favorable para la ciencia, la tecnología y la innovación, proporcionando acceso al acervo mundial de conocimientos, promoviendo y difundiendo la ciencia, y fomentando la toma de decisiones basadas en evidencias empíricas.

A estas entidades es preciso añadir las reglas del juego y los incentivos que condicionan el comportamiento de los agentes involucrados en los procesos de innovación. Estos incluyen, entre muchos otros, el sistema tributario, las normas y acuerdos comerciales, las medidas para promover la competencia en los mercados, las regulaciones sobre propiedad intelectual, y las estipulaciones que condicionan el acceso al financiamiento empresarial.

Para que exista un sistema de innovación que funcione adecuadamente, es necesario contar con una masa crítica mínima, tanto en cantidad como en calidad, de cada uno de estos tipos de entidades, con reglas del juego e incentivos apropiados, y con un conjunto de interacciones activas y dinámicas entre todos estos agentes. El ámbito de referencia puede ser un país, una región, un sector o un área problema —lo que da origen a una variedad de sistemas de innovación que operan en diferentes niveles

y espacios. La creación y consolidación de sistemas de innovación, sobre todo en el ámbito nacional, es un proceso largo y difícil que toma al menos tres o cuatro decenios de esfuerzos continuos y sostenidos.<sup>14</sup> Por esta razón, los países que han logrado avanzar en esa dirección hacia fines del siglo 20 y principios del siglo 21 han procedido —sea ya deliberadamente o fortuitamente— de manera gradual y selectiva, creando subsistemas de innovación en menor escala y buscando vincularlos entre sí a lo largo del tiempo.

Si bien los estudios sobre sistemas de innovación se iniciaron en los países tecnológicamente más avanzados, su pertinencia para los países en desarrollo fue destacada desde inicios del decenio de 1990. De acuerdo a Charles Cooper: “la tradición empírica de ‘estudios de innovación’ centrada principalmente en casos de las economías industrializadas plantea preguntas fundamentales acerca de los análisis que se basan en el concepto de equilibrio, tienen mucho que ofrecer a los estudios de política tecnológica en los países en desarrollo.”<sup>15</sup> Sin embargo, para examinar los sistemas de innovación en los países en desarrollo, que no lograron aún establecer bases científicas y tecnológicas endógenas, es necesario tomar en cuenta varios factores adicionales a los que se consideran en los países científica y tecnológicamente más avanzados, en donde surgió originalmente este concepto.<sup>16</sup>

En primer lugar, la existencia de un importante, aunque muchas veces soslayado, acervo de conocimiento tradicional que convive con el conocimiento moderno. El conocimiento y la tecnología tradicionales, al igual que el conocimiento científico, surgen de la búsqueda de soluciones a problemas concretos a través de procesos de prueba, error y aprendizaje. Sin embargo, como se indicó anteriormente, la diferencia estriba en que no se generan mediante un proceso riguroso de formulación de hipótesis, corroboración experimental y codificación de resultados, por lo que es difícil transmitirlo y difundirlo. Debido a un sesgo hacia la modernidad, los esfuerzos por construir sistemas de innovación en los países en desarrollo no suelen considerar en forma adecuada el acervo de conocimientos y tecnologías tradicionales con que cuentan. Más aún, las formas de racionalidad de algunos de los agentes que emplean este tipo de conocimientos y tecnologías no necesariamente coinciden con el objetivo de maximizar utilidades, lo que hace necesario considerar lo que podría denominarse “sistemas indígenas de innovación”. Por lo tanto, es importante evaluar y recuperar de manera selectiva los conocimientos y tecnologías tradicionales, especialmente en áreas tales como el aprovechamiento de plantas medicinales, el uso sustentable de recursos naturales y las actividades artesanales, buscando integrarlos con elementos de conocimiento científico y tecnológico moderno para mejorar su productividad y desempeño.<sup>17</sup>

14 Las reflexiones sobre el carácter de tarea de Sisifo que tiene la construcción de capacidades científicas y tecnológicas se aplican con igual o mayor fuerza al desafío de constituir sistemas de innovación viables.

15 Charles Cooper 1991: 21.

16 Sobre este tema véase: B-A Lundvall, K. J. Joseph, Cristina Chaminade y Jean Vang 2009.

17 Véase: Juana Kuramoto y Francisco Sagasti 2002: 203-228.

En segundo lugar, las estrechas relaciones que distintos agentes nacionales establecen con sus contrapartes en países tecnológicamente más avanzados condicionan fuertemente los esfuerzos locales de innovación. Es importante mantener y fortalecer las vinculaciones entre la ciencia, la tecnología y las actividades productivas nacionales con sus contrapartes en otros países más avanzados, pero sin que esto signifique debilitar los vínculos que deben existir entre ciencia, tecnología y producción en el ámbito doméstico.

En tercer lugar, el proceso de globalización, particularmente en el campo de las telecomunicaciones, ha permitido que los miembros de la comunidad científica y tecnológica de los países en desarrollo puedan acceder con mayor facilidad a las fuentes de información, conocimiento y tecnología en el ámbito mundial, y particularmente aquellas disponibles en las instituciones públicas, privadas y académicas de los países más avanzados. El resultado ha sido un intenso flujo de información, que si bien eleva las capacidades de los científicos y tecnólogos, también sesga su interés hacia agendas de investigación foráneas que frecuentemente tienen poco que ver con la solución de problemas nacionales. En este sentido, es preciso establecer incentivos (financieros, reconocimiento, estímulo, apoyo) para centrar el interés y la atención de científicos, tecnólogos y emprendedores en la situación y los problemas locales.

En cuarto lugar, la innovación tecnológica en países en desarrollo está basada en actividades que podrían denominarse subinnovadoras, o de innovaciones menores, en comparación con aquellas de los países tecnológicamente más avanzados. La adaptación de tecnologías para utilizar insumos locales, la introducción de pequeños cambios en los procedimientos productivos para mejorar la eficiencia, la ingeniería en reversa y la copia de tecnologías, y la domesticación de especies silvestres, son algunas de estas actividades de innovación menor. En contraste con las “innovaciones radicales”, que cambian totalmente la fisonomía y estructura de un conjunto de actividades productivas, estos cambios tecnológicos pertenecen a la categoría de “innovaciones incrementales”, que sin embargo resulta insuficiente para describir la riqueza y variedad de actividades innovadoras menores en los países en desarrollo, que generalmente tienen lugar en un ámbito local específico y restringido, aun si como resultado de ellas se logra ingresar en nuevos mercados internacionales.

Esta situación genera una amplia gama de oportunidades para el aprendizaje en el interior de la frontera tecnológica, lo que permite acumular capacidades en forma progresiva para luego adoptar estrategias más agresivas cuando se supera una masa crítica de competencias científicas y tecnológicas. Sin embargo, estas oportunidades podrían verse limitadas por las circunstancias asociadas a la importación de tecnología, particularmente porque la mayoría de las actividades productivas en los segmentos relativamente modernos de las economías en los países en desarrollo dependen de ella.

Los proveedores podrían poner condiciones que restringen la posibilidad de adaptar equipos y maquinaria (garantías, contratos de mantenimiento), introducir restricciones contractuales para el uso ulterior de la tecnología importada (prohibición de emplearla en otras líneas de producción, limitaciones para transferirla a otras empresas), o la empresa puede carecer de las capacidades técnicas necesarias para usar de manera efectiva, adaptar y absorber la tecnología importada.

En quinto lugar, si bien la adquisición de capacidades tecnológicas ocurre en el ámbito de las empresas, la acción del gobierno, de las entidades académicas y de las instituciones de la sociedad civil para promover la innovación es aún más importante en los países en desarrollo. En particular, la acción del Estado es fundamental e irremplazable para compensar las deficiencias de los mecanismos de mercado y para inducir transformaciones institucionales.<sup>18</sup> Los conocimientos y la tecnología tienen muchas veces el carácter de "bienes públicos" que no se agotan con el uso (no rivalidad) y cuyo empleo es difícil de limitar, sobre todo por parte de quienes no han contribuido a generarlos (no exclusividad). Debido que todos pueden beneficiarse de ellos sin haber contribuido a su producción, los bienes públicos tienen una tendencia a la provisión subóptima, lo que constituye una falla de mercado que debe resolverse mediante la acción colectiva, particularmente por parte de entidades del sector público.

Por esta razón es necesaria la intervención estatal activa en el diseño, ejecución y coordinación de políticas para promover la innovación y el aprendizaje tecnológicos, especialmente durante las etapas iniciales de creación de capacidades y de constitución de sistemas de innovación. Asimismo, es preciso prestar mayor atención a las políticas gubernamentales en campos distintos a la ciencia y tecnología, pero que afectan indirectamente a la innovación en las empresas. El contenido implícito de política tecnológica de estas otras políticas —crediticias, fiscales, laborales, comerciales, de competencia, ambientales, entre otras— tiene consecuencias importantes para el desempeño empresarial en lo referente a investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación.

### 3.5 La "triple crisis" a inicios del siglo 21

Como se indicó anteriormente, las interacciones entre las diferentes etapas en la evolución de estas tres corrientes —generación de conocimientos, avances tecnológicos y transformación productiva— y su articulación mediante el proceso de innovación, visualizadas ante el trasfondo de las instituciones sociales, políticas y culturales, caracterizan el grado de desarrollo de cada sociedad. Por ejemplo, en Occidente esta evolución condujo hacia la ciencia como método dominante para generar conocimientos, lo que aceleró la transformación de la base tecnológica y fomentó la transición de la

técnica hacia la tecnología. Al mismo tiempo, la ciencia hizo uso de una variedad de avances tecnológicos —en particular, el perfeccionamiento de los instrumentos de observación— que contribuyeron a expandir los alcances y consolidar el método y la investigación científicos.

Las actividades productivas y de servicios encontraron un creciente apoyo en las nuevas tecnologías vinculadas a los descubrimientos científicos, al punto tal que en la actualidad las actividades productivas que emplean tecnologías basadas en la ciencia son claramente superiores y dominan la escena económica. Todo esto tuvo lugar en paralelo con la expansión del modo de producción capitalista, la difusión de la economía de mercado, y con la aceleración y reorientación de los procesos de acumulación, que se alimentaban de los avances tecnológicos y científicos —pero que al mismo tiempo estimulaban y proporcionaban recursos para las actividades de investigación que generaban dichos avances. De esta forma surgió una *base científica y tecnológica endógena* en los países industrializados.

Paralelamente, otras culturas y sociedades desarrollaron sus propias formas de entrelazar estas tres corrientes y de relacionarlas con sus propios entornos sociales, políticos y culturales. Por ejemplo, en China estudiosos y eruditos hicieron grandes progresos en el conocimiento de los fenómenos celestiales y físicos; artesanos y trabajadores calificados desarrollaron técnicas basadas en la aplicación sistemática de procedimientos y reglas estandarizados, como lo demuestra su enorme habilidad para la fabricación de relojes y esferas armilares; mientras que filósofos y administradores idearon estructuras organizativas —por ejemplo, la burocracia imperial— para gobernar un vasto y diverso imperio. Sin embargo, una variedad de factores sociales, económicos y políticos —que surgieron como respuesta al entorno cultural de la civilización china— no condujo a la ciencia moderna y a la creación de una base científica y tecnológica endógena. Observaciones similares pueden ser aplicadas a la India, al mundo árabe, al imperio otomano, y a las civilizaciones y culturas nativas de África y América Latina.

Las interacciones entre las tres corrientes y su articulación mediante la innovación son de gran complejidad y muy difíciles de esclarecer, entre otras razones porque avanzan a distintas velocidades y su condicionamiento mutuo se produce en el marco de diferentes horizontes temporales. Considerando un período histórico de varios siglos, los cambios cualitativos mayores en la naturaleza del proceso de generación de conocimientos determinarán la dirección general de la evolución social. Como resultado de estos cambios, el concepto que tienen los seres humanos de sí mismos y de su relación con el mundo biofísico se transforma, y estas nuevas concepciones permean y engloban gradualmente a todas las actividades humanas, particularmente aquellas relacionadas con la base tecnológica y las actividades productivas.

<sup>18</sup> Shulin Gu 1995.

En el otro extremo, considerando el período relativamente corto de algunos decenios, la estructura de las actividades productivas y de servicios juega el papel clave en la conformación de las conductas sociales. Define los productos y servicios específicos disponibles en la comunidad, la orientación del proceso de acumulación y la distribución del producto social. Desde este punto de vista, la forma dominante del pensamiento especulativo, que surge como resultado de procesos evolutivos que abarcan varios siglos, constituiría un telón de fondo "fijo" ante el cual tienen lugar las modificaciones de la estructura productiva en el corto plazo.

El horizonte temporal en el cual la base tecnológica experimenta grandes transformaciones ocupa un lugar intermedio entre los decenios requeridos para que se manifiesten cambios significativos en las actividades productivas, y los varios siglos necesarios para la evolución de nuevas formas dominantes de generación de conocimientos. Un período de entre uno y dos siglos parece ser adecuado para acotar la emergencia de transformaciones profundas en la base tecnológica que define el repertorio de respuestas disponibles para hacer frente a los desafíos del entorno biofísico y social. Además, aunque dichas transformaciones se dan en el marco de una forma específica de pensamiento especulativo dominante, también influyen en su evolución. A su vez, la base tecnológica prevaleciente puede visualizarse como el escenario en el cual tienen lugar los cambios en las actividades productivas y de servicios.

De esta manera, las tres corrientes evolucionan a velocidades y ritmos distintos, y los procesos de innovación que las articulan deben acomodarse a ellos. Los cambios en las actividades productivas cristalizan en un período de décadas, las transformaciones en la base tecnológica se producen en lapsos de entre cien y doscientos años, y la evolución de las formas de general conocimiento experimenta grandes mutaciones y desplazamientos con el paso de los siglos. Las modificaciones en la estructura de las actividades productivas y de servicios generan tensiones que se acumulan y que presionan por cambios en la base tecnológica; de modo similar, las transformaciones en la base tecnológica generan y acumulan tensiones que inducen cambios fundamentales en la naturaleza de la generación de conocimiento. Por lo tanto, cualquier explicación de la evolución de estas tres corrientes debe tomar en consideración tanto sus propias dinámicas internas como el conjunto de influencias recíprocas entre ellas. En forma adicional, el período de tiempo elegido para enmarcar el estudio o análisis de determinado proceso socioeconómico definirá cuál de las tres corrientes juega el papel dominante.

Las sociedades experimentan períodos de inestabilidad y reajuste cuando transitan de una estructura de actividades productivas a otra, algo que ocurre cada cinco o más decenios y que puede tomar unos veinte años. Se puede esperar perturbaciones mayores y gran inestabilidad cuando se producen cambios significativos en la base

tecnológica, algo que sucede aproximadamente cada siglo y medio y que culmina a lo largo de varias décadas. Finalmente, profundos trastornos, enorme turbulencia y grandes tumultos acompañan el desplazamiento de una a otra forma dominante de generación de conocimientos, algo que ocurre en un plazo que abarca varios cientos de años y puede tomar un siglo o más en concretarse. Sin embargo, es preciso acotar que los procesos de cambio han venido acelerándose y que es muy posible que en el siglo 21 veamos acortarse los períodos de transformaciones fundamentales aquí señalados.

El comienzo del siglo 21 es un período particularmente complejo y difícil, en el cual la humanidad está experimentando cambios fundamentales en la forma dominante de generar conocimiento, en la base tecnológica, en la estructura de las actividades productivas, y en las maneras en que estas corrientes se articulan entre sí a través de los procesos de innovación. En la primera de estas transformaciones, hemos iniciado un proceso de transición hacia nuevas formas de generar conocimiento que eventualmente complementarán y quizás reemplazarán a la ciencia.<sup>19</sup> En la segunda, el acervo tecnológico ha experimentado alteraciones mayores con la aparición de un nuevo conjunto de respuestas, basadas en la manipulación de la información digital y las estructuras genéticas, para hacer frente a los desafíos del entorno biofísico y social. En la tercera, las actividades productivas y de servicios están completando la transición de un paradigma tecnoeconómico basado en el petróleo barato como factor clave de producción a uno donde el microchip es el nuevo factor clave en el escenario tecnoeconómico, y posiblemente estén iniciando un desplazamiento hacia un nuevo paradigma basado en la biotecnología. Debido a que estas tres transformaciones están ocurriendo en forma simultánea, somos testigos de una verdadera explosión del conocimiento, las tecnologías, los productos y servicios, y la innovación.

Estos procesos simultáneos de transformación en las tres corrientes de actividades humanas han adquirido el carácter de una "triple crisis" que está afectando a toda la humanidad en un grado que no tiene precedente desde la época del Renacimiento. Más aún, el impacto revolucionario de estas transformaciones ha sido magnificado por el acelerado proceso de globalización, y por la consolidación de un orden global fracturado que empezó a surgir durante los últimos decenios del siglo 20. Todo esto configura un turbulento escenario de cambio de época para la humanidad que está generando incertidumbre y desconcierto, pero que también ofrece enormes posibilidades para el futuro de nuestra especie.<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Esta transición ha sido caracterizada como "el ocaso de la era de Bacon" en referencia al "programa baconiano" de emplear la ciencia para transformar el mundo en beneficio de la humanidad. Véase: Hans Jonas 1984; y Francisco Sagasti 1997b, 1997a; 1965-1968, 2000a: 593-602 y 2006. El distinguido antropólogo sir James Frazer anticipó la transición a nuevas formas de generar conocimiento en el último decenio del siglo 19: "En última instancia, magia, religión y ciencia no son nada más que teorías del pensamiento; y así como la ciencia ha suplantado a sus predecesores, podría ser ella misma superada por alguna otra hipótesis más perfecta, quizás por una manera totalmente diferente de ver los fenómenos [...] sobre la cual esta generación no tiene idea". James Frazer 1964: 740.

<sup>20</sup> Estas ideas se retoman en el último capítulo del libro.

#### 4. BREVES ANTECEDENTES SOBRE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y DESARROLLO EN AMÉRICA LATINA

El marco conceptual propuesto y la breve reseña de la evolución de sus principales componentes —generación de conocimientos, avances tecnológicos, transformación productiva y procesos de innovación— a lo largo de la historia proporcionan el telón de fondo y el contexto para examinar someramente el desenvolvimiento de la ciencia, la tecnología y la innovación en América Latina. Esto permite apreciar la especificidad del devenir del conocimiento y la innovación en la región, y examinar la evolución de las políticas que trataron de orientarlo durante la segunda mitad del siglo 20.<sup>21</sup>

Pese a las diferencias entre las culturas prehispánicas latinoamericanas, la amplia extensión geográfica que habían logrado controlar las culturas inca y azteca, así como el intercambio entre ellas y con otras culturas menos avanzadas, confirieron a toda Latinoamérica ciertos rasgos comunes, sobre todo en comparación con la situación mucho más heterogénea prevaleciente en otras regiones del mundo en desarrollo, como África y Asia. Más aún, la presencia colonizadora ibérica en toda América Latina —incluso tomando en cuenta las diferencias entre Portugal y España— ayudó a configurar durante los siglos de la Colonia una cierta semejanza entre las diversas regiones de América Latina que, a grandes rasgos, permite tratarla como un conjunto.

Reconociendo que existen muchas variaciones locales, es posible distinguir cinco grandes períodos en la historia de América Latina: el período prehispánico, caracterizado por la generación y utilización de conocimientos y técnicas tradicionales; el período de dominación ibérica, en el cual predomina el pensamiento escolástico transmitido por las órdenes religiosas y se superponen las bases tecnológica europea y técnica latinoamericana; la llegada de la Ilustración y la independencia política de las colonias, que generaron un prematuro optimismo acerca de las posibilidades de desarrollo latinoamericano; la incorporación de las antiguas colonias como naciones independientes a la división internacional del trabajo, que coincidió con el auge y la crisis del positivismo; el período de industrialización por sustitución de importaciones, en el cual echaron raíces y empezaron a crecer la ciencia y la tecnología industrial modernas; y, por último, el período de crisis económica, social y política de fines del siglo 20, marcado por la liberalización económica y los cambios estructurales en los sistemas productivos de la región.

21. Esta sección se basa, entre otros textos, en: Francisco Sagasti 1978a: 279-306; y 1992: 615-627.

#### 4.1 América prehispánica

Las culturas prehispánicas más avanzadas mostraron grandes adelantos en la generación de conocimientos a partir de la experiencia directa y el dominio de las actividades artesanales. Antes de la llegada de los españoles a América, las civilizaciones maya, azteca e inca, así como las culturas subregionales que les precedieron, habían alcanzado importantes niveles de desarrollo material, social e intelectual. Sus logros en agricultura e irrigación, arquitectura y urbanismo, medicina y saneamiento, metalurgia, textiles, cerámica y elaboración de calendarios dan fe del alto grado de desarrollo técnico que alcanzaron. La base técnica de que disponían —construida a través de la sistematización de la experiencia empírica, pero sin una concepción teórica que la orientara— evidenció adelantos significativos, tal como lo demuestra el elaborado control vertical de pisos ecológicos en la zona andina. La variedad y diversidad de actividades productivas, la satisfacción de los requerimientos alimentarios (a tal punto que en muchas de estas culturas no se conocieron hambrunas hasta la llegada de los conquistadores), y la compleja organización social para disponer de los excedentes de producción, atestiguan la adecuación de las actividades productivas y de servicios a las necesidades básicas de la población.

Todo esto tuvo lugar en el contexto de una organización social y política centralizada y autoritaria, imbuida de una cultura religiosa y caracterizada por una rigidez en los patrones de interacción social. En los grandes imperios, las tecnologías de guerra y de organización social permitieron conquistar amplias extensiones territoriales y mantenerlas —en forma precaria y con altibajos— unidas hasta la llegada de los españoles.

El pensamiento especulativo en el período prehispánico no evolucionó en la dirección de la manipulación sistemática de las abstracciones y su cotejo con la realidad. Sus vinculaciones con la evolución de la base técnica se produjeron, como en otras culturas y regiones, a través de las tareas agrícolas y la astronomía, y a través de los mitos que codificaron las prácticas vinculadas a las actividades productivas.<sup>22</sup> Las relaciones entre la base técnica y la producción fueron muy estrechas, al punto de que el acervo de técnicas de producción y la gama de actividades productivas eran casi indistinguibles. Por otra parte, las concepciones cosmogónicas, mediadas por los grupos religiosos, se constituyeron en la base y fuente de legitimidad para las técnicas de organización social.

De este modo, pese a sus indudables logros, las sociedades y culturas prehispánicas no evolucionaron por un camino que las hubiera llevado de manera independiente

22. Aunque todas las altas civilizaciones de la América precolombina mantuvieron registros bastante precisos de sus observaciones astronómicas, fueron los mayas quienes más se adelantaron en la observación sistemática de los fenómenos celestiales. Esto se relaciona con el hecho de que desarrollaron un lenguaje escrito, su evolución matemática incluyó el uso del cero y sus avances en astronomía permitieron la predicción de eclipses.

hacia algo parecido a la revolución científica europea. A la llegada de los conquistadores españoles, el mundo prehispánico transcurría por senderos totalmente diferentes a los europeos y también a los de otras regiones del mundo, tales como China, que no tuvo impedimentos de orden intelectual sino más bien de orden social y político para establecer una base científica y tecnológica endógena.

#### 4.2 Dominación ibérica

Para comprender la forma en que Occidente llegó a América Latina, es necesario considerar la situación de la península ibérica antes y durante la Conquista. Este análisis debe iniciarse en la época de la Iberia medieval, con su peculiar e inestable convivencia de las culturas cristiana, judía e islámica durante varios siglos. Luego se debe examinar el carácter castellano: austero, devoto, ambicioso e implacable; la forma en que se expulsó a los árabes y los judíos y las consecuencias que esto tuvo en el desenvolvimiento intelectual de España; la filosofía, al mismo tiempo materialista y religiosa, que justificó la Conquista; la cambiante posición de España y Portugal con respecto a la ciencia moderna en la Europa de los siglos 15 a 17; y la forma en que diversos agentes (órdenes religiosos, militares, administradores coloniales, aristócratas) actuaron como mediadores en la transmisión de la condición intelectual, económica y política de Iberia hacia América Latina.

Sin entrar a describir en detalle la situación de la ciencia, tecnología y producción en España, es necesario mencionar la involución que sufrió el ambiente intelectual durante la Contrarreforma y la mayor parte del siglo 17, lo que afectó negativamente el desarrollo de la ciencia en América Latina debido al aislamiento que la potencia colonial se impuso a sí misma y a sus colonias. Por otra parte, lo exiguo de los logros tecnológicos de España en esa época, así como el carácter esencialmente mercantil y agrícola de su economía, no contribuyeron a crear las condiciones para la aparición de una base científica y tecnológica propia en Latinoamérica, ya que estas condiciones no existieron ni en la propia España.

La implantación de lo occidental en América Latina dio origen a diversas respuestas locales, cuya variedad se afirmó cuando empezó a dismantelarse el aparato imperial que había introducido cierta homogeneidad superficial en los territorios que antes ocuparon las culturas prehispánicas. Una constante fue la desarticulación social de estas culturas, que rompió con la organización productiva (sobre todo con la agricultura) y tuvo como consecuencia hambrunas generalizadas y la disminución vertiginosa de la población, agudizada por las enfermedades contagiosas europeas. Otro factor fue la transferencia de técnicas indígenas a los conquistadores, quienes aprendieron a desenvolverse en un medio ambiente nuevo absorbiendo los conocimientos locales necesarios para establecerse en la región.

Se produjeron también respuestas variadas a los intentos de conversión religiosa y un entrecruzamiento de concepciones e ideas míticas y religiosas, que aún perdura en

muchos lugares de América Latina. En el orden del pensamiento especulativo se produjo un doble proceso de mestizaje y de superposición de lo occidental con lo autóctono; en lo tecnológico se perdieron muchas respuestas técnicas locales, y se produjo una fusión de técnicas europeas e indígenas en diversos campos. Finalmente, se reorientaron las actividades productivas, priorizándolas en función de los intereses de las potencias coloniales, subordinando la minería a la exportación de metales preciosos, la agricultura a la minería, y la estructura del comercio a las necesidades del mercantilismo español y portugués.

Todo esto llevó a una ruptura de las ténues vinculaciones entre el pensamiento especulativo y la base técnica prehispánica. Se introdujo una cuña —la orientación hacia los mercados de la metrópoli colonial— que separó la base técnica heredada de las culturas prehispánicas de las actividades productivas locales durante la colonia. Más aún, desde entonces Occidente se convertiría en un condicionamiento externo inamovible para América Latina: la evolución del pensamiento especulativo sería un pálido reflejo, filtrado primero a través de España y luego de otras potencias, del desarrollo intelectual de Occidente; la transformación de la base tecnológica estaría cada vez más condicionada por sus contrapartes europea y norteamericana; y las actividades productivas responderían a los intereses internacionales vinculados primero a la expansión europea y luego a la norteamericana.

La evolución subsiguiente del pensamiento especulativo durante la Colonia y la época republicana está marcada por el predominio de la escolástica y por la influencia de las órdenes religiosas en la educación. Los primeros trabajos científicos en América Latina fueron el resultado del esfuerzo de unos pocos hombres de talento. Un actor importante en la introducción de la ciencia occidental en América Latina durante esta época fueron las órdenes religiosas, y especialmente los jesuitas, quienes prácticamente monopolizaron la educación en los territorios españoles y portugueses durante el siglo 17 y parte del 18. Por otro lado, las universidades hispanoamericanas, algunas de las cuales se fundaron al inicio de la Colonia, se constituirían en el principal escenario institucional para el desarrollo científico e intelectual de la región hasta mediados del siglo 20.<sup>23</sup>

#### 4.3 Ilustración e independencia

La Ilustración llegó a la América española y portuguesa durante la segunda mitad del siglo 18 con fuerza explosiva. En todo el continente, las universidades iniciaron una transformación que modificó la influencia que habían ejercido la teología y la filosofía en las actividades intelectuales, y se introdujo una perspectiva científica en la enseñanza de disciplinas tales como la botánica, la medicina y las ciencias físicas. Por

<sup>23</sup> Acerca del legado ibérico, véase Helio Jaguaribe 1975.

ejemplo, en 1771 el virrey del Perú, Manuel de Amat y Junier, aprobó un nuevo plan de estudios que incluía las enseñanzas de Leibniz, Bacon, Gassendi y Descartes, y un decenio más tarde Juan Benito Díaz Gamarra publica sus "Errores del entendimiento humano" que introdujo los conceptos de filosofía moderna en México y que planteaba que la sabiduría consiste en tener conocimiento de todas las cosas necesarias y útiles.

Hacia mediados y fines del siglo 18, la influencia predominante de la Ilustración correría en paralelo con los primeros intentos de establecer actividades científicas modernas en la región. La base técnica e incipientemente tecnológica continuó desarrollándose de manera fragmentada, mientras se reducía la variedad de respuestas técnicas autóctonas y se ampliaban lentamente los componentes de la base tecnológica de origen externo.

La Revolución Francesa produjo en España una serie de intentos para interrumpir el flujo de las ideas revolucionarias asociadas con la Ilustración hacia las colonias americanas, tal como lo demuestra la decisión del Tribunal de la Inquisición en Cartagena en 1789 de prohibir la difusión de la Declaración de los Derechos del Hombre que surgió de ese movimiento. No obstante, este esfuerzo resultó poco efectivo, y las influencias inglesas y francesas aumentaron de manera significativa al finalizar el siglo 18.

Una serie de misiones científicas de Europa hacia América Latina realizadas durante este período tuvieron como protagonistas a personajes que luego tendrían un papel destacado en la configuración de las incipientes comunidades científicas en la región. Entre ellos se tiene a José Celestino Mutis y la misión botánica a Nueva Granada (Colombia), Félix de Azara y la misión histórica y geográfica al Río de la Plata, y Alexander von Humboldt que visitó varios países de América Latina y estimuló la creación de sociedades científicas y el estudio de las ciencias naturales. Hipólito Unanue, prócer de la independencia del Perú, fue un destacado médico e investigador que impulsó la creación de la escuela de medicina San Fernando, promovió la enseñanza de las matemáticas y la anatomía en la Universidad de San Marcos, y contribuyó a la publicación de *El Mercurio Peruano*, una de las primeras revistas científicas en la región que difundió las teorías de científicos europeos contemporáneos.

Sin embargo, las guerras de la independencia y la agitación social que éstas significaron no proporcionaron un marco propicio para la incipiente y embrionaria comunidad científica de aquel entonces. La inestabilidad política y social continuó hasta mediados del siglo 19, lo que conspiró contra el crecimiento ordenado y acumulativo de las actividades científicas y el desarrollo tecnológico. En el caso del Brasil, sin embargo, la llegada de la corte portuguesa y la independencia a principios del siglo 19 tuvieron como consecuencia una profunda transformación de la sociedad,

proporcionaron un estímulo a las actividades literarias y científicas, y motivaron la fundación de nuevas universidades.

#### 4.4 Integración a los mercados mundiales

En la segunda mitad del siglo 19 se produce un renacimiento científico en toda América Latina, debido a la creciente influencia del positivismo y al logro de condiciones económicas y políticas más estables. Estas últimas fueron el reflejo de la integración de la región a los mercados mundiales creados por los avances en los medios de transporte y la expansión del capitalismo, en los cuales las economías latinoamericanas asumieron el papel de proveedores de materias primas y alimentos a las potencias industriales en el marco de la división internacional del trabajo.

En toda América Latina el positivismo modificó profundamente la forma de pensar la religión y la filosofía, y tuvo además un gran impacto en el desarrollo de las ciencias aplicadas. Su influencia fue particularmente evidente en México, donde determinó las reformas políticas introducidas a partir de 1860 y dio un gran impulso a la educación y la enseñanza, estableciéndose así las precondiciones necesarias para el desarrollo de la ciencia moderna. En Brasil la frase "Orden y progreso" de Augusto Comte, padre del positivismo, fue adoptada como lema para su escudo y su bandera. Sin embargo, hacia finales de siglo surgieron conflictos de carácter político e ideológico que afectaron negativamente al sistema educativo y llevaron al estancamiento de la ciencia en ese país.

La última parte del siglo 19 presentó una imagen mixta de la situación de la ciencia y la tecnología en el resto de América Latina. El impacto de las ideas positivistas, junto con la creciente demanda de tecnología asociada con la expansión económica y una industrialización incipiente, estimularon la realización de investigaciones científicas y tecnológicas. Sin embargo, al igual que en el caso mexicano, los problemas de carácter político, económico e institucional impidieron que estos avances tuvieran un carácter acumulativo.

A comienzos del siglo 20 ninguno de los países de América Latina había logrado establecer una base de actividades científicas que fuera capaz de aportar elementos significativos al conocimiento universal, y que contara con el respaldo de las autoridades políticas y de la sociedad en su conjunto. Esto se debió, en gran medida, a la carencia de una demanda social por la ciencia como resultado del incipiente grado de desarrollo económico y productivo, a la ausencia de actitudes y valores propicios para el desarrollo de la investigación científica, y a la inestabilidad política y económica de los países de la región. En forma adicional, cuando la tecnología y las actividades productivas modernas ingresaron de lleno a América Latina en los primeros decenios del siglo 20, la ciencia

local no había aún echado raíces y sólo pudo vincularse a ellas en forma esporádica, por lo que no pudo contribuir efectivamente a su adaptación y perfeccionamiento.<sup>24</sup>

#### 4.5 Industrialización sustitutiva y crisis competitiva

La evolución de la ciencia y la tecnología durante el siglo 20 estuvo estrechamente vinculada al crecimiento de la industria, y en menor medida a la expansión de la agricultura y la medicina. Los esfuerzos de industrialización empezaron a crear paulatinamente una demanda de actividades científicas y tecnológicas aplicadas. La construcción de ferrocarriles, que empezó en los últimos decenios del siglo 19, constituye un buen ejemplo de las oportunidades, y también de las limitaciones, que ofrecieron las obras de infraestructura para la ciencia y la tecnología locales. El desarrollo de las ramas de ingeniería en la región fue, en gran medida, el resultado de las demandas generadas por estas obras, pero el gran componente de conocimientos, equipos e insumos importados, unido a la debilidad de las instituciones de educación superior, no permitieron un desarrollo intensivo y amplio de la industria local vinculada a estas obras de infraestructura.

La creación de escuelas de ingeniería a fines del siglo 19 y principios del siglo 20, unida a la creciente demanda de servicios tecnológicos, condujeron al establecimiento de varios centros de investigación y laboratorios industriales en los países de la región. Los gobiernos comenzaron a prestarle atención a la ciencia y la tecnología a medida que las actividades productivas, y en especial la industria, cobraron mayor importancia. Por su parte, las actividades de fabricación artesanal empezaron a modernizarse y se orientaron principalmente hacia el suministro de implementos para la minería, la agricultura, la construcción de carreteras y el transporte, así como para los bienes durables y de consumo requeridos por el sector moderno de la población vinculado a las actividades de exportación y servicios.

La sustitución de importaciones fue el camino hacia la industrialización que siguieron la mayoría de los países latinoamericanos después de la crisis económica de los años treinta y de la segunda guerra mundial. Bajo este esquema, las actividades productivas primarias continuaron condicionadas por su orientación hacia el mercado internacional, mientras que la industria se volcó hacia el mercado interno detrás de barreras arancelarias y contando con una serie de beneficios adicionales (crédito subsidiado, monedas sobrevaloradas, control de precios, preferencia en las compras estatales). Esto permitió el crecimiento de un buen número de empresas industriales, que se suponía estarían en condiciones de competir en los mercados internacionales

<sup>24</sup> Para un análisis de la situación de la ciencia en la región al finalizar el siglo 19 véase, por ejemplo, Francisco Sagasti y Alejandra Pavez 1989: 189-216.

luego de un período de aprendizaje durante el cual disminuiría progresivamente la protección. A su vez, estas industrias fomentaron la investigación tecnológica aplicada y permitieron la consolidación de algunos núcleos de capacidades científicas endógenas en los países más grandes de la región. Sin embargo, presiones de orden político para preservar intereses creados impidieron reducir los niveles de protección industrial, lo que aisló a las empresas latinoamericanas de las fuerzas competitivas mundiales y no estimuló esfuerzos para aumentar la productividad, mejorar la calidad y reducir el precio de los productos manufacturados.

Durante el decenio de 1980, los procesos de liberalización comercial, la crisis de la deuda externa y la reducción de las tasas de crecimiento en toda la región, hicieron colapsar a buena parte del aparato productivo latinoamericano que había crecido al amparo del proteccionismo industrial. Esto llevó a una "reprimarización" de la mayoría de las economías, y redujo la demanda efectiva de las actividades tecnológicas, proceso que continuó durante el decenio de 1990. La reducción en los ingresos fiscales obligó a recortar los presupuestos públicos, y muchas veces las instituciones científicas y tecnológicas, así como las universidades estatales, sufrieron fuertes disminuciones en sus asignaciones de recursos por parte del Estado.

En algunos casos, esto hizo que prácticamente desaparecieran sectores industriales enteros que habían logrado un nivel razonable de capacidades en ciencia y tecnología, pero que no estaban en condiciones de adaptarse a un brusco y acelerado proceso de liberalización comercial, a una moneda sobrevaluada y a la competencia muchas veces subsidiada de productos importados. En el caso de México, el tratado de libre comercio con los Estados Unidos y Canadá llevó a un extraordinario aumento en la inversión extranjera y en las exportaciones, lo que a su vez permitió establecer nuevas fábricas y mejorar las capacidades tecnológicas en los sectores de exportación. Sin embargo, al mismo tiempo llevó al cierre de muchas empresas orientadas hacia el mercado interno que no fueron capaces de competir con los productos importados.

Pese a varias crisis, durante los últimos dos decenios Brasil logró mantener un nivel relativamente alto de capacidades tecnológicas asociadas a la industria, la agricultura, el sector energético y algunos servicios, como telecomunicaciones y finanzas, y también logró vincular a la ciencia, la tecnología y la producción en el sector agropecuario y en algunas ramas industriales. Al iniciarse el siglo 21, Brasil cuenta con los elementos necesarios para ampliar significativamente su base científica y tecnológica endógena, algo que dista mucho de suceder en la mayoría de los países medianos y pequeños de la región —con las excepciones parciales de Chile, Colombia y Costa Rica en algunos sectores vinculados principalmente a la agricultura y la agroindustria.

## 5. EVOLUCIÓN DE LA POLÍTICA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LA REGIÓN

Los capítulos precedentes proporcionan un telón de fondo para la evolución de las ideas y la práctica sobre políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina durante la segunda mitad del siglo 20, tarea que abordamos a continuación. Para organizar el contenido de este capítulo fue necesario escoger entre reseñar las principales líneas de trabajo a lo largo del tiempo, o esbozar una periodización y organizar el material de acuerdo a la cronología propuesta. La decisión fue presentar primero las principales corrientes de pensamiento y acción que abarcaron, algunas más que otras, varios decenios, para luego describir las etapas por las cuales transitaron las ideas y la práctica de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en la región.

Empezaremos examinando la forma en que este tema cobró importancia en el ámbito internacional, para luego centrarnos en lo que sucedió en América Latina. Una revisión de los planteamientos iniciales, muchos de los cuales mantienen aún su vigencia, examina dos perspectivas —la científica y tecnológica por un lado, y la económica estructuralista, por otro— que dieron impulso a este tema a partir del decenio de 1950. Luego reseñaremos las líneas de pensamiento sobre ciencia, tecnología y desarrollo que comprenden las contribuciones de muchos estudiosos, diseñadores y ejecutores de las políticas, y que abarcan: (i) las ideas sobre papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo y sobre la forma en que se vinculan con el contexto económico, social, político y cultural; (ii) la identificación y caracterización de los principales factores que condicionan el desarrollo de capacidades en este campo; y (iii) la forma de poner en práctica las políticas de ciencia, tecnología e innovación, así como la manera en que el enfoque de sistemas contribuyó a explicar las interacciones entre ellas. A esto siguen unos comentarios sobre el papel que han jugado los organismos internacionales en promover la ciencia, tecnología e innovación en la región, para luego proponer una periodización de la evolución de estas políticas y terminar con una sección sobre los sistemas de innovación en América Latina en la transición al siglo 21.

La intención es presentar un panorama que, sin ser exhaustivo, sea lo más completo posible y al mismo tiempo asequible al lector. Sin embargo, somos conscientes que la enorme riqueza de ideas y experiencias prácticas hace muy difícil reseñar en forma adecuada lo sucedido en el ámbito de la política científica, tecnológica y de innovación en la región durante más de medio siglo. En particular, una descripción de los procesos de implementación de políticas y sus impactos en situaciones específicas es tarea para todo un equipo de investigadores, y requeriría de varios volúmenes para presentar sus resultados. Por último, a diferencia de los capítulos precedentes, en este haremos un uso extensivo de citas y referencias a los trabajos de otros autores, con el fin de reflejar adecuadamente la cantidad y diversidad de contribuciones latinoamericanas al pensamiento y la práctica de las políticas de ciencia, tecnología e innovación.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Sobre la evolución de la política científica y tecnológica en América Latina, particularmente en sus primeros años, véase, entre

## 5.1 Antecedentes sobre políticas de ciencia, tecnología e innovación

El estudio, diseño y puesta en práctica de políticas de ciencia, tecnología e innovación, tal como se entiende en la actualidad, se inició en el período inmediatamente posterior a la segunda guerra mundial, pocos años después de que su campo de acción fuera delineado en el seminal trabajo del científico británico J. D. Bernal *La función social de la ciencia*.<sup>26</sup> En esa época los gobiernos de los países industrializados empezaron a enfatizar la aplicación de la ciencia a fines pacíficos, incentivados por la forma exitosa en que había sido utilizada para fines bélicos durante el curso de la guerra.<sup>27</sup>

Un informe preparado por Vannevar Bush para el presidente de los Estados Unidos, Franklin D. Roosevelt, en julio de 1945, propone una serie de medidas para fortalecer la investigación científica y el desarrollo tecnológico en la posguerra. El título de su informe fue muy revelador: *Ciencia: la frontera infinita*, y se deriva de la carta que le envió el presidente Roosevelt a Vannevar Bush en noviembre de 1944 solicitando dicho informe, en la cual decía: “Nuevas fronteras de la mente están frente a nosotros, y si las exploramos con la misma visión, arrojo y empuje con los que hemos luchado esta guerra podemos crear un mayor número de empleos más satisfactorios y una vida más plena y fructífera”.<sup>28</sup> El apoyo a la ciencia y a la tecnología fue estimulado en los años siguientes por la Guerra Fría, durante la cual las dos potencias mundiales —los Estados Unidos y la Unión Soviética— invirtieron ingentes recursos en investigaciones científicas y tecnológicas para lograr la supremacía militar.<sup>29</sup>

Los primeros estudios de política científica y tecnológica se centraron más en la ciencia que en la tecnología; el enfoque estaba dirigido principalmente a promover la investigación y el desarrollo experimental, más que a la utilización de conocimientos y la innovación. En ese entonces se afirmaba que la política científica tenía como objetivos mejorar la formulación y ejecución de los programas gubernamentales para el desarrollo de la ciencia, e introducir una perspectiva científica en todos los ámbitos de la política pública. De esta manera se diferenciaba el bienestar de la comunidad científica como tal, de la contribución de sus actividades al bienestar social.

otros trabajos: Floreal H. Forní y Raúl H. Bisio 1975; Hebe Vessuri 1987: 519-554; Enrique Oteiza 1993; Renato Dagnino, H. Thomas y Al Davyt 1996; Leonardo Silvio Vaccarezza 1998:13-40; y Carlos Martínez Vidal y Manuel Mari 2002. Para el caso argentino véase, también, Enrique Oteiza 1992, y José Nun 1995; para el caso de Brasil, Maria Inés Bastos 1995; para el caso de México, Alejandro Nadal 1995, y Judith Zubieta y Rafael Loyola Díaz 2007: 945-995; y para el de Venezuela, Yajaira Freitas 1999: 122-131. Un trabajo reciente que emplea y amplía la periodización propuesta en este texto es el de Guillermo Lemarchand 2010. Un libro electrónico coordinado por María del Carmen del Valle Rivera (Del Valle Rivera 2010), contiene 18 ensayos sobre personalidades que contribuyeron al pensamiento sobre cambio tecnológico para el desarrollo en América Latina durante los últimos decenios.

<sup>26</sup> J. D. Bernal 1967 (reproducción facsimilar de la primera edición publicada en 1939).

<sup>27</sup> James P. Baxter 1968 (reproducción de la primera edición publicada en 1946); y R. V. Jones 1978.

<sup>28</sup> Vannevar Bush 1945.

<sup>29</sup> Para una perspectiva americana véase, por ejemplo, William T. Golden 1995; para el punto de vista soviético, véase I. G. Kurakov 1966; y para una perspectiva americana sobre la visión de los líderes soviéticos sobre ciencia y tecnología, véase: Mose L. Harvey, Leon Goure y Vladimir Prokofieff 1972.

A medida que los intereses gubernamentales fueron poniendo el crecimiento económico como principal objetivo nacional, los estudios de política científica y tecnológica fueron prestando mayor atención a los asuntos vinculados a la tecnología y su incorporación en los procesos productivos. Este cambio de énfasis dio lugar a un problema de semántica. Gran parte de los grupos de estudio y formulación de políticas de ciencia, tecnología e innovación, tanto en el gobierno como en centros académicos, establecidos en los decenios de 1950 y 1960, recibieron la denominación de entidades de "política científica". Esto no les impidió realizar estudios sobre temas tecnológicos, pero ocasionalmente generó confusión, especialmente entre aquellos que interpretaban el concepto de "política científica" en el sentido más restrictivo de la palabra.<sup>30</sup>

Si bien los estudios sobre política científica y tecnológica son un fenómeno posterior a la segunda guerra mundial, el interés de las ciencias sociales en la ciencia y la tecnología data de mucho antes. Por ejemplo, el papel del cambio tecnológico en el crecimiento económico ha sido debatido desde la época de Adam Smith. Economistas como Ricardo, Malthus, Marx y Schumpeter trataron ampliamente el tema de la tecnología, y la literatura económica sigue siendo una de las fuentes más importantes de información para quienes trabajan el tema de política de ciencia, tecnología e innovación.<sup>31</sup> En menor grado, lo han sido también los trabajos de los sociólogos y los científicos políticos.<sup>32</sup> Sin embargo, a pesar de las contribuciones hechas por los especialistas en disciplinas específicas, la mayoría de la investigación en este campo ha sido realizada por equipos interdisciplinarios. Este nuevo campo de investigación, estudio y actuación profesional se consolidó hacia principios del decenio de 1970, contando con sus propias revistas, sociedades y reuniones internacionales, y con su propio cuerpo de conocimientos y ámbito de acción. La publicación del volumen *Ciencia, tecnología y sociedad*, preparado bajo los auspicios del Consejo Internacional sobre Estudios de Política Científica, marcó la transición hacia un campo bien definido de investigación y estudio interdisciplinarios. Quince años más tarde, otro volumen, auspiciado esta vez por la Universidad de las Naciones Unidas, hizo algo similar para los estudios sobre ciencia, tecnología y desarrollo.<sup>33</sup>

La difusión de las ideas y práctica de la política científica, tecnológica y de innovación debe mucho al trabajo precursor de las secretarías de una serie de organizaciones internacionales. A partir de los trabajos pioneros de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), desde inicios del

<sup>30</sup> Para una discusión de este tema véase: Geoffrey Oldham 1978.

<sup>31</sup> Véase: Alejandro Nadal 1988 y 1990: 1445-1456.

<sup>32</sup> Algunas excepciones en América Latina fueron las contribuciones de Joseph Hodara 1969; Manuel Mora y Araujo 1975; y Hebe Vessuri 1987.

<sup>33</sup> Ina Spiegel-Rosing y Derek de Solla Price 1977; y Jean-Jaques Salomon, Francisco Sagasti y Céline Sachs-Jeantet 1996.

decenio de 1960 otras organizaciones del sistema de las Naciones Unidas, tales como la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT), realizaron estudios, promovieron reuniones y prestaron asistencia técnica a numerosos gobiernos en temas de política de ciencia, tecnología e innovación. Durante el decenio de 1970 se les unieron la Universidad de las Naciones Unidas (UNU), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) de Canadá, y la Agencia Sueca de Cooperación en Investigación para el Desarrollo (SAREC), que apoyaron estudios sobre estos temas.

En América Latina, la Organización de los Estados Americanos (OEA) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) incursionaron en este campo hacia fines del decenio de 1960, y pronto se convirtieron en las agencias que más alentaron a grupos nacionales de investigadores, funcionarios gubernamentales, profesores universitarios, empresarios y políticos a trabajar en este tema. Esto dio lugar a la creación de una capacidad de investigación, diseño y ejecución de política de ciencia, tecnología e innovación en América Latina.<sup>34</sup> Cuando el programa de estudios auspiciado por la OEA prácticamente desapareció a mediados del decenio de 1980, el IDRC, el BID y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) se pusieron a la cabeza de las instituciones que apoyaron y promovieron la investigación sobre políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina.<sup>35</sup>

El reconocimiento de la creciente importancia de la ciencia y la tecnología en todos los aspectos de la vida contemporánea motivó un aumento considerable de las investigaciones sobre las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad durante el decenio de 1970 y comienzos del de 1980. La creación de la Sociedad para el Estudio Social de la Ciencia en los Estados Unidos en 1975 marcó un hito en la profesionalización de los estudios sobre las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, y ayudó a conferirle respetabilidad académica a este nuevo campo que se amplió para incluir el estudio de la tecnología en el decenio de 1980.<sup>36</sup> Algo similar sucedió en las universidades, instituciones gubernamentales y centros de investigación en Japón, Europa Occidental y Europa Oriental.

En los países en desarrollo, particularmente en América Latina, China e India, los estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad también aumentaron en forma considerable durante el último cuarto del siglo 20 y, además, se realizaron esfuerzos por promover la investigación de políticas de ciencia, tecnología e innovación en África,

<sup>34</sup> Quien más contribuyó en la Secretaría de la OEA a fomentar los estudios de política científica y tecnológica fue el experto uruguayo Máximo Halty-Carrère, prematuramente desaparecido en diciembre de 1978. Véase: Francisco Sagasti 1980b: 180-181.

<sup>35</sup> Amitav Rahi 1986.

<sup>36</sup> Esta asociación es más conocida por el acrónimo 4S ("Society for the Social Studies of Science"). Véase: <http://www.4sonline.org>.

el mundo árabe y el sudeste de Asia.<sup>37</sup> Como en los decenios precedentes, gran parte del apoyo para estos esfuerzos ha provenido de las organizaciones internacionales, particularmente el IDRC, UNESCO, OIT, SAREC y UNU, aunque hacia fines del decenio de 1980 las dificultades financieras en el sistema de las Naciones Unidas y el cambio en las prioridades en el IDRC dieron lugar a una reducción significativa de su apoyo para los estudios en este campo. Sin embargo, al iniciarse el decenio de 1990 surgió un renovado interés en estos temas, particularmente por parte de la CEPAL, la Corporación Carnegie, el Banco Mundial y el BID.

### 5.1.1 Cambios conceptuales: el papel de la OCDE

Las políticas de ciencia, tecnología e innovación han experimentado cambios conceptuales significativos desde mediados del siglo 20. La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), una asociación de países de altos ingresos, fue una de las primeras instituciones que destacó la importancia de la política científica y tecnológica, y sus planteamientos han marcado el paso de los cambios en este campo.

El primer informe de la Secretaría de la OCDE, *Ciencia, crecimiento económico y política gubernamental*, publicado en 1963 y preparado sobre la base de un trabajo de C. Freeman, R. Poignant e I. Svenilsson,<sup>38</sup> fue bastante optimista y subrayó la necesidad de formular políticas gubernamentales de ciencia, tecnología e innovación, de apoyar el establecimiento de una infraestructura de instituciones científicas y tecnológicas, y de promover la educación en ciencia y tecnología. Al año siguiente la OCDE publicó el *Manual de Frascati* que estandarizó las definiciones para recabar datos estadísticos sobre ciencia y tecnología en los países industrializados.<sup>39</sup>

Los estudios realizados por la OCDE en el marco de sus trabajos en el "Pilot Teams Project" que examinaron las vinculaciones entre ciencia, tecnología y crecimiento económico en países tales como España, Turquía, Grecia y Yugoslavia, que tenían un menor desarrollo relativo que los países de Europa del Norte, tuvieron gran influencia en América Latina y fueron seguidos de cerca por el Departamento de Asuntos Científicos de la OEA.<sup>40</sup> Por otra parte, un informe de la OCDE publicado en 1970,

<sup>37</sup> Por ejemplo, el Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) de Brasil organizó en 1978, en colaboración con el International Council for Science Policy Studies y el Departamento de Asuntos Científicos de la OEA, un seminario internacional sobre estudios de política científica con la participación de destacados especialistas, entre ellos, Everett Mendelsohn, Derek de Solla Price, Nathan Rosenberg, Georges Ferné, Nicolas Jequier y Jean-Jacques Salomon. Véase Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) 1978.

<sup>38</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1963.

<sup>39</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1964.

<sup>40</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1968.

*Brechas en tecnología*,<sup>41</sup> examinó las diferencias en educación, investigación y desarrollo, innovación tecnológica y comercio internacional entre los Estados Unidos y Europa. Este documento puso en relieve la preocupación de muchas autoridades europeas por la pérdida de dinamismo en esos campos, señalando que durante el decenio 1957-1966 los Estados Unidos habían invertido US\$ 157,700 millones en investigación y desarrollo, mientras que los países industrializados de Europa Occidental sólo US\$ 50 mil millones.

En 1971, otro informe de la OCDE sobre el tema, titulado *Ciencia, crecimiento y sociedad: una nueva perspectiva*, puso mayor énfasis en el impacto económico de los avances científicos y tecnológicos, en el desafío tecnológico que los Estados Unidos representaban para Europa y Japón, y en el papel de la innovación como motor del crecimiento.<sup>42</sup> Un informe sobre el seminario auspiciado por la OCDE en Turquía en 1970 sobre gestión de la investigación y desarrollo reunió a los principales expertos en el tema de esa época y sentó las bases de un enfoque más integrado para la política científica y tecnológica.<sup>43</sup>

Hacia fines del decenio de 1970, la OCDE publicó *Interfutures: enfrentando el futuro, dominando lo probable y gestionando lo impredecible*, un informe muy influyente sobre los escenarios para el futuro global, y particularmente de los países en desarrollo, en el cual se destacó el papel que estaban jugando la ciencia y la tecnología modernas en la reestructuración económica mundial.<sup>44</sup>

Dos informes de la OCDE publicados en 1980 y 1981 —*Cambio técnico y política económica* y *Políticas de ciencia y tecnología para la década de 1980*— analizaron las transformaciones económicas y sociales que caracterizaron a las naciones industrializadas a fines del decenio de 1970 y reconocieron que, luego de treinta años de crecimiento sin precedentes en la economía mundial, era probable que la situación en los decenios de 1980 y 1990 fuera muy diferente.<sup>45</sup> Estas preocupaciones cristalizaron en varios seminarios y publicaciones; entre estas últimas se encuentra el volumen sobre perspectivas para la política científica y tecnológica publicado en 1988, en el cual se mencionó que "las expectativas crecientes sobre los beneficios de la ciencia y la tecnología están elevando los temas de política asociados a ellas al más alto nivel de gobierno". Al año siguiente se publicó un resumen de las experiencias de los países de la

<sup>41</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1970: 175.

<sup>42</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1971.

<sup>43</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1972. Entre los contribuyentes a este volumen están C. West Churchman, Sevan Dedijer, Eric Jantsch, Nicolas Jequier, Michael Moravcsik, Pierre Piganiol y Derek de Solla Price, quienes cubrieron una gama de temas sobre diseño de políticas científicas y tecnológicas, la gestión de la investigación científica y tecnológica, y la prospectiva y planeamiento de la ciencia y tecnología.

<sup>44</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1979.

<sup>45</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1980 y 1981b.

OCDE en la revisión y evaluación de las políticas y programas de ciencia y tecnología.<sup>46</sup> Otro informe publicado en 1988 —*Nuevas tecnologías en los 1990s: una estrategia socioeconómica*— puso énfasis en la interconexión entre los cambios tecnológicos, económicos y sociales, señalando que “las tecnologías de la información representan un quiebre estructural, y ofrecen un potencial considerable de productividad”. El tema central de la nueva estrategia propuesta fue “la generación y mantenimiento de capacidades avanzadas para la innovación técnica y social permanente”.<sup>47</sup>

La OCDE también se interesó en el impacto de los avances en ciencia y tecnología en los países en desarrollo. Un seminario conjunto preparado por esta organización y la OEA en octubre de 1970, examinó las metodologías para la identificación de requerimientos de ciencia y tecnología para el desarrollo, y las metodologías de planificación científica y tecnológica.<sup>48</sup> Una serie de trabajos realizados a partir del decenio de 1970 son testimonio del interés que mantuvo la OCDE en el tema.<sup>49</sup>

Las consecuencias de la transición hacia la sociedad del conocimiento figuraron prominentemente entre los temas que preocuparon a la OCDE durante el decenio de 1990. Un informe publicado en 1996 sobre empleo y crecimiento económico en la sociedad del conocimiento destacó la necesidad de tener una mayor claridad conceptual sobre las diversas formas que adopta el conocimiento, el impacto de las tecnologías de la información y el papel de los recursos humanos en el desempeño económico en el marco de esta sociedad.<sup>50</sup> Durante ese decenio, los estudios de la OCDE abarcaron también temas tales como los sistemas nacionales de innovación y el impacto de los avances tecnológicos en la competitividad de las empresas y países miembros.<sup>51</sup> En 1999, la OCDE presentó un conjunto de indicadores para medir el grado de avance de los países miembros hacia economías basadas en el conocimiento, el cual planteó que: “La habilidad para crear, distribuir y explotar conocimiento e información parece cada vez más importante y es frecuentemente considerada el factor único más importante para apoyar el crecimiento económico y las mejoras en la calidad de vida”.<sup>52</sup>

<sup>46</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1988: 7; y J. E. Aubert 1989: 147-177.

<sup>47</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1988b: 11 y 13.

<sup>48</sup> El seminario se realizó bajo la conducción de Alexander King, director general de la OCDE, y Máximo Halty, de la OEA, y contó con la participación de Ignacy Sachs, Pierre Piganiol, Yvan de Hemptinne y Jean-Jacques, entre otros expertos. El documento de base presentado por la OEA fue: Francisco Sagasti y Alejandro Moya 1971.

<sup>49</sup> Véase, por ejemplo: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) Development Center 1974; Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1981a; y Dieter Ernst y David O'Connor 1989 y 1991.

<sup>50</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1996.

<sup>51</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1999a. Cabe notar que México y la República de Corea, dos economías emergentes, se incorporaron como miembros a la OCDE a partir del decenio de 1990. De esta manera empezó a reconocerse que algunos países en desarrollo habían logrado avances significativos en su situación económica y estaban en condiciones de unirse al “club de los países ricos”, si bien sólo la República de Corea ha llegado a alcanzar niveles significativos en cuanto a su capacidad científica y tecnológica.

<sup>52</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 1999b.

Además, a medida que se hacía evidente la transición hacia la “sociedad del conocimiento”,<sup>53</sup> se apreció en los países de la OCDE un renovado interés en la prospectiva científica y tecnológica, así como en el impacto social y los dilemas éticos asociados a los avances tecnológicos. Culminando una serie de estudios en 2010 la OCDE lanzó su “estrategia de innovación”, en parte como respuesta para salir de la crisis económica y financiera, pero también reflejando la necesidad de poner aún más énfasis en los procesos de innovación y en su carácter sistémico.<sup>54</sup> Asimismo, un esfuerzo conjunto con el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (IDRC) examinó las implicaciones de esta estrategia para los países en desarrollo, y particularmente en África.<sup>55</sup>

Por otra parte, a lo largo de varios decenios, la OCDE desarrolló y perfeccionó una metodología para evaluar las políticas de ciencia, tecnología e innovación de sus países miembros. Estas evaluaciones independientes, realizadas por grupos de expertos internacionales apoyados por investigadores y estudiosos locales, permitieron rediseñar las estrategias, políticas y arreglos institucionales para promover el desarrollo de capacidades en este campo, y se han convertido en un valioso instrumento, tanto para los países desarrollados como en desarrollo.<sup>56</sup>

Así, a lo largo de medio siglo, surgió en los países industrializados una nueva percepción de las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad. La visión optimista inicial acerca de la contribución de la ciencia al desarrollo fue reemplazada por una preocupación cada vez mayor por el impacto social de los avances científicos y tecnológicos, y por cuestiones vinculadas a la competitividad en la transición hacia un mundo cada vez más globalizado.

### 5.1.2 Ciencia, tecnología, desarrollo y las Naciones Unidas

Los enfoques de los organismos internacionales (y particularmente aquellos asociados al sistema de las Naciones Unidas) sobre el papel de la ciencia y la tecnología en el proceso de desarrollo, así como las recomendaciones que ofrecieron a sus países miembros, experimentaron también cambios considerables durante los últimos seis decenios.<sup>57</sup>

<sup>53</sup> Sobre el tema véase, por ejemplo: Peter Drucker 1994: 53-80 y 1993.

<sup>54</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 2010.

<sup>55</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) - Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) 2011.

<sup>56</sup> Las evaluaciones más recientes de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en países latinoamericanos realizadas por la OCDE son las de Chile y México, y una evaluación para el caso del Perú será publicada en 2011. Véase: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 2007; Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 2009.

<sup>57</sup> Véase: Francisco Sagasti 1999, un documento preparado como contribución al proyecto sobre historia intelectual de las Naciones Unidas. Sobre el papel de la UNESCO en el campo de la ciencia y la tecnología, particularmente en la región, véase la siguiente sección.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Aplicación de Ciencia y Tecnología para el Beneficio de los Países Menos Desarrollados, que tuvo lugar en Ginebra en 1963, ayudó a focalizar la atención internacional en el tema, planteando en su declaración final que la ciencia y la tecnología proporcionaban atajos para avanzar hacia el desarrollo y para reducir la brecha entre los países ricos y pobres. Uno de los principales participantes en esta conferencia (lord P. M. S. Blackett, laureado con el Premio Nóbel de física) empleó la analogía de un "vasto supermercado" de ciencia y tecnología al cual podían acudir los países en desarrollo para resolver sus problemas de desarrollo escogiendo las respuestas adecuadas en sus estantes. Esta analogía probaría ser inapropiada en los decenios subsiguientes, entre otras razones por el sesgo de los derechos de propiedad intelectual a favor de los propietarios de la tecnología que hace muy costoso y difícil acceder a los "estantes" del "supermercado" de ciencia y tecnología, y porque es necesario tener un mínimo de capacidades científicas y tecnológicas para identificar y escoger entre las opciones disponibles.

El desequilibrio claramente visible, aun en esos tiempos, en lo que respecta a las capacidades de ciencia y tecnología entre los países ricos y pobres, motivó iniciativas para emplear las capacidades de los países desarrollados con el fin de resolver los problemas de los países pobres. En 1970, el Plan de Acción Mundial sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo, preparado por el Comité Asesor en Ciencia y Tecnología de las Naciones Unidas (ACAST), propuso destinar el 5% de las inversiones en ciencia y tecnología de los países ricos para resolver los problemas de los países pobres.<sup>58</sup> Sin embargo, con algunas excepciones en los campos de salud, medicina y agricultura, la movilización de científicos de los países ricos para resolver los problemas de los países pobres no ha sido muy exitosa.

La perspectiva adoptada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (UNCSTD), realizada en Viena en 1979, fue muy distinta a la de la conferencia de 1963. En vez de privilegiar el acceso al "supermercado" de ciencia y tecnología, esta reunión otorgó prioridad al desarrollo de una capacidad endógena de ciencia y tecnología en los países en desarrollo, a la reestructuración de las relaciones científicas y tecnológicas internacionales para lograr una distribución más equitativa de la capacidad para generar y utilizar los conocimientos, y a la necesidad de establecer mecanismos internacionales más eficaces para fomentar el desarrollo científico y tecnológico del Tercer Mundo. Sin embargo, el Programa de Acción adoptado en 1979 en la Conferencia de Viena quedó, en su mayor parte, sin ser ejecutado. En particular, el sistema financiero para ciencia y tecnología para el desarrollo, cuya creación con una asignación inicial de US\$ 250 millones había sido acordada formalmente en dicha Conferencia, no llegó a ponerse nunca en práctica.

<sup>58</sup> Véase: United Nations Advisory Committee on the Application of Science and Technology to Development 1970.

Por otra parte, durante el decenio de 1980 se empezó a reconocer la importancia cada vez mayor de las nuevas tecnologías para los países en desarrollo, incluyendo, además de las tecnologías de la información, a la biotecnología, los nuevos materiales y las fuentes renovables de energía. Esto dio origen a una serie de iniciativas vinculadas a la evaluación de tecnologías (*technology assessment*) y al seguimiento (*monitoring*) de avances tecnológicos por parte de organismos internacionales vinculados a las Naciones Unidas.<sup>59</sup>

Como parte del Programa Mundial de Empleo organizado por la OIT, se desarrolló un programa de estudios sobre opciones y selección de tecnologías en sectores de bienes de consumo, intermedios y de capital.<sup>60</sup> Estos estudios examinaron los factores que condicionaban la escogencia de tecnología por parte de las empresas, poniendo énfasis en los objetivos y las características de lo que sería una "tecnología apropiada" en un lugar y tiempo específicos, así como en lo que serían "productos apropiados" a las situaciones de los países en desarrollo. La generación de empleo fue el tema central de los más de treinta estudios de casos auspiciados por la OIT durante los decenios de 1970 y 1980 en una docena de países en desarrollo, los cuales abarcaron aspectos tales como el impacto de la distorsión de los precios relativos de capital y trabajo en la selección de tecnología, el papel de las instituciones en la provisión de información y apoyo técnico a las empresas, la forma en que las estructuras de mercado influían en los patrones de competencia, el nivel de capacitación de la fuerza laboral, y los factores socioculturales y políticos que facilitaban o impedían el uso de tecnologías más o menos apropiadas a las condiciones locales.

Un nuevo intento de las Naciones Unidas para revitalizar la cooperación internacional en ciencia y tecnología para el desarrollo tuvo lugar en 1989, en el décimo aniversario de la Conferencia de Viena. Los miembros del Comité Asesor en Ciencia y Tecnología para el Desarrollo emitieron una declaración indicando que al terminar el siglo 20 e iniciarse un nuevo milenio, la humanidad enfrentaba una preocupante paradoja: "nunca hemos tenido tanto poder para influenciar el curso de la civilización, para orientar la manera en que evolucionará nuestra especie, y para crear un rango continuamente en expansión de oportunidades para mejorar la condición humana —pero permanecemos incapaces o no dispuestos a emplear este poder adquirido recientemente para alcanzar nuestras posibilidades plenas como seres humanos".<sup>61</sup>

<sup>59</sup> Véase, por ejemplo, Harvey Brooks 1994: 489-510; Agit Bhalla y Dilmus James 1988; Martin Fransman 1991; y E. J. DaSilva, C. Ratledge y A. Sasson 1992. Durante el decenio de 1980, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) y el Centro de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas prepararon una serie de trabajos y documentos sobre evaluación de tecnologías y el seguimiento de avances tecnológicos en microelectrónica, biotecnología y nuevos materiales.

<sup>60</sup> Véase: Organización Internacional del Trabajo (OIT) 1992 (la primera edición fue publicada en 1985); y Agit Bhalla 1996: 462-497.

<sup>61</sup> United Nations Advisory Committee on Science and Technology for Development 1989.

Veinte años después de la Conferencia de Viena, en 1999, la UNESCO organizó en Budapest otra reunión internacional que cubrió prácticamente los mismos temas que las conferencias mencionadas anteriormente. La Declaración de Budapest reafirmó la importancia del financiamiento público para la ciencia y la tecnología, particularmente frente al creciente peso que habían adquirido las fuentes privadas de inversión en este campo, y también puso énfasis en el valor de la cooperación internacional en ciencia y tecnología. A esto siguió, diez años después, una serie de reuniones regionales auspiciadas por la UNESCO en el 2009 para conmemorar el décimo aniversario de la Declaración de Budapest. En el evento latinoamericano, que se realizó en México, se propuso crear un programa estratégico regional en ciencia, tecnología e innovación, que debería incluir un conjunto de instrumentos financieros para apoyar iniciativas de cooperación públicas y privadas, la articulación de redes de ciencia y tecnología, y programas de formación profesional en política científica, tecnológica y de innovación.<sup>62</sup>

Aprovechando una larga experiencia en el financiamiento de programas de educación superior e investigación y desarrollo, además de un activo programa de investigaciones sobre el cambio tecnológico, el Banco Mundial dedicó su informe sobre el desarrollo mundial de 1998-1999 al tema del conocimiento al servicio del desarrollo, y destacó que “lo que distingue a los pobres —sean personas o países— de los ricos es no sólo que tengan menos capital sino también menos conocimientos”. El informe demostró que entre los países ricos y pobres las diferencias en las capacidades de generar y utilizar conocimientos eran mucho más abismales que las que existen en cualquier otro indicador de desarrollo. Propuso articular al Estado, el sector privado y las organizaciones científicas y tecnológicas para mejorar la adquisición de conocimiento importado del exterior y generado en el país, para promover la absorción de este conocimiento enfatizando el papel de la educación permanente, y para difundir eficazmente el conocimiento en la era de la información.<sup>63</sup>

Podría decirse que el informe sobre el desarrollo humano del año 2001 —*Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano*—, publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), cerró medio siglo de intentos e iniciativas de organismos de las Naciones Unidas para dinamizar la ciencia y la tecnología para el desarrollo, y que al mismo tiempo planteó algunos temas para los primeros años del siglo 21. Sus principales conclusiones destacaron que “a lo largo de la historia la tecnología ha sido un importante instrumento de desarrollo humano y reducción de la pobreza”; que “el mercado es un poderoso impulsor del progreso tecnológico, pero no es suficientemente poderoso para crear y difundir las tecnologías necesarias a fin de erradicar la pobreza”; que “los países en desarrollo pueden obtener

62. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) 2009.

63. Banco Mundial 1999. Si bien el Banco Mundial pertenece formalmente al sistema de las Naciones Unidas, en la práctica ha operado siempre como un organismo financiero multilateral independiente.

beneficios muy grandes de las nuevas tecnologías, pero también enfrentan problemas sumamente graves para hacer frente a los riesgos”; y que “todos los países, incluso los más pobres, necesitan aplicar políticas que alienten la innovación, el acceso y el desarrollo de aptitudes avanzadas”. Además, este informe puso énfasis en aprovechar las ventajas que ofrece la “era de las redes”, que surge como consecuencia de la revolución tecnológica y la globalización, y en la necesidad de establecer iniciativas internacionales para compensar las fallas de los mercados mundiales en la generación y utilización del conocimiento.<sup>64</sup>

## 5.2 Planteamientos iniciales... y persistentes<sup>65</sup>

Las primeras interpretaciones y planteamientos sistemáticos acerca del papel de la ciencia y tecnología en el desarrollo latinoamericano, que se transformarían en lo que ha sido denominado el “pensamiento latinoamericano sobre ciencia, tecnología y sociedad”,<sup>66</sup> surgieron a fines del decenio de 1940, y se dieron en un clima intelectual marcado por dos perspectivas diferentes pero complementarias. Una de ellas, que podríamos llamar la *perspectiva científica y tecnológica*, privilegiaba el papel de la ciencia y su difusión como expresión cultural y fuente de conocimientos, que luego serían transformados en tecnologías e incorporados en actividades productivas y de servicio. La otra, asociada a la *perspectiva económica estructuralista*, visualizaba al progreso técnico como un factor de aumento de la productividad y de los ingresos, cuya difusión desigual estaba en la raíz del fenómeno del subdesarrollo, y planteaba que para apropiarse de sus frutos era necesario contar con capacidades propias de investigación científica y desarrollo tecnológico, particularmente en la industria.

Desde fines del decenio de 1940 hasta fines del de 1960 ambas perspectivas evolucionaron paralelamente y estuvieron vinculadas a las actividades de organismos internacionales en la región. La primera al papel que jugaron la UNESCO, la OEA y el BID en promover la ciencia, la tecnología y la educación superior en América Latina, y la segunda a los planteamientos de la CEPAL sobre industrialización, comercio exterior y crecimiento económico. A partir de fines del decenio de 1960, y particularmente durante el decenio de 1970, ambas perspectivas empezaron a converger en una visión más integral de las relaciones entre ciencia, tecnología e innovación, en gran medida debido a la aplicación del enfoque de sistemas y a la creciente preocupación por la puesta en práctica de políticas de ciencia y tecnología.

64. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) 2001.

65. Esta sección y las siguientes reseñan brevemente algunas de las principales ideas que surgieron en América Latina durante el último medio siglo, y particularmente en los decenios de 1960 y 1970, muchas de las cuales persisten, con modificaciones y revisiones, hasta la actualidad. Considerando la enorme producción intelectual de la región, esta reseña es muy selectiva y no hace justicia a las contribuciones de numerosos investigadores y estudiosos del tema.

66. Véase: Carlos Martínez Vidal y Manuel Marí 2002.

Además de factores de carácter económico, cultural, social e institucional que han condicionado el diseño y la puesta en práctica de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en la región durante decenios, éstas han sido influenciadas por la naturaleza de los regímenes políticos que han prevalecido en los diferentes países de América Latina a lo largo del tiempo. No obstante, el impacto de la política sobre el desarrollo de capacidades en este campo ha sido muy complejo y resiste análisis simplistas. Por ejemplo, no es posible establecer una relación directa entre autoritarismo o democracia por un lado, y desarrollo científico o tecnológico por otro.

En Argentina se tiene el caso emblemático de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires, que fue intervenida luego del golpe militar de 1966 y su decano, Rolando García, sacado a golpes de sus oficinas por la policía. El gobierno militar de Juan Carlos Onganía llevó a la emigración de destacados investigadores y ocasionó un grave retroceso en el desarrollo científico argentino.<sup>67</sup> En contraste, los gobiernos militares en Brasil no adoptaron una posición ostensiblemente en contra de la investigación científica, apoyaron una serie de iniciativas de modernización de las universidades, y promovieron la creación de programas e instituciones de ciencia y la tecnología. Por otra parte, durante el decenio de 1970 la mayoría de los países latinoamericanos tuvieron gobiernos militares y algunos de ellos, como en los casos de Perú y Chile, apoyaron las instituciones dedicadas a la investigación y el desarrollo tecnológico. Los procesos de democratización que se dieron durante el decenio de 1980 coincidieron con la crisis económica y la "década perdida" en América Latina, período en el cual el apoyo a las actividades científicas, tecnológicas y de innovación experimentó un retroceso.

La investigación y la creatividad científica requieren de un clima de libertad política, y de un ambiente social y cultural propicio para cuestionar hábitos de pensamiento y concepciones tradicionales, condiciones imposibles de lograr en regímenes autoritarios o dictatoriales. Si bien el desarrollo de tecnologías para resolver problemas específicos puede ocasionalmente y en el corto plazo beneficiarse de la unidad de propósito y la supresión de voces disidentes que acompañan al autoritarismo, en el mediano y largo plazo no es posible construir capacidades científicas, tecnológicas y de innovación de avanzada sin contar con las libertades y oportunidades que sólo ofrece la democracia. La dura y compleja experiencia regional con regímenes autoritarios y democráticos, que entrecruza todos los aspectos de la vida latinoamericana, no permite extraer de modo alguno la conclusión que se requiere de "una mano fuerte" para

<sup>67</sup> En una entrevista la química nuclear Sara Rietti, recuerda lo sucedido en esa oportunidad: "García, quien hoy es una celebridad científica de fama mundial, salió a recibirlos: ¿Cómo se atreve a cometer este atropello? Todavía soy el decano de esta casa de estudios, increpó al uniformado que encabezaba el operativo. Un corpulento custodio rompió filas y le golpeó la cabeza con su bastón. Con sangre sobre la cara, el decano se levantó, y repitió sus palabras. El corpulento repitió el bastonazo". Véase La Nación 2010.

desarrollar la ciencia y la tecnología. En forma adicional, las diversas situaciones políticas de los países latinoamericanos durante el primer decenio del siglo 21 demuestran que la consolidación de prácticas democráticas ha sido beneficiosa para el desarrollo científico y tecnológico en varios casos, que el autoritarismo y la arbitrariedad en el ejercicio del poder político van de la mano con el atraso en este campo, y también que la democracia no conduce, necesaria y automáticamente, a mayores avances en ciencia, tecnología e innovación.

### 5.2.1 Perspectiva científica y tecnológica

Luego de la creación de la UNESCO en 1945 y de su segunda conferencia general realizada en México en 1947, el proceso de descentralización de este organismo internacional llevó a la creación del Centro de Cooperación Científica para América Latina en Montevideo en 1949. Siguiendo una serie de iniciativas centradas en el intercambio de información científica y tecnológica durante el decenio de 1950, y en particular la realización de la octava conferencia general en 1954 en Montevideo, a principios del decenio de 1960 la UNESCO organizó misiones a los países de la región con el fin de difundir la importancia de la política científica en el desarrollo. Cumpliendo un mandato de la Asamblea General de la UNESCO en 1960, esta institución inició una serie de estudios sobre política científica, primero en Europa y luego en otras regiones.

La Conferencia sobre Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en América Latina (CASTALA) de la UNESCO, que se realizó en Santiago de Chile en 1965, dio origen a varias misiones de expertos para apoyar a los gobiernos en la creación de organismos de política científica. El Centro de Cooperación Científica se transformó en 1966 en el Centro Regional de la UNESCO para el Fomento de la Ciencia y la Tecnología en América Latina, y en 1969 cambió su denominación por la de Oficina de Ciencias de la UNESCO para América Latina. La presencia regional de la UNESCO permitió darle cierta continuidad a las iniciativas planteadas por este organismo internacional, particularmente a través de eventos y publicaciones.<sup>68</sup>

Dos iniciativas en el ámbito latinoamericano contribuyeron a despertar un mayor interés en la ciencia y la tecnología durante el decenio de 1960. La Organización Panamericana de la Salud (OPS) estableció en 1964 un grupo de estudio para analizar las políticas de investigación biomédica en la región, cuyo informe examinó los motivos para realizar investigación científica, los obstáculos y oportunidades que se presentan,

<sup>68</sup> Para reseñas del papel de la UNESCO en la región, véase: Adriana Barreiro y Amílcar Davyt 1999; y Guillermo Lemarchand 2010.

las estructuras organizativas y las influencias externas que afectan la conducción de proyectos de investigación.<sup>69</sup> Otra iniciativa se derivó directamente del programa de cooperación hemisférica Alianza para el Progreso, propuesto por el presidente norteamericano John F. Kennedy en 1961. Este programa dio lugar a varios eventos interamericanos convocados por la OEA entre 1964 y 1967, y luego se concretó en la creación del Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

El informe final de la Primera Reunión Interamericana de Ciencia y Tecnología, que tuvo lugar en Washington en la sede de la OEA en enero de 1964, citó las palabras del presidente Kennedy en su discurso al lanzar la Alianza para el Progreso:

El genio de nuestros científicos nos ha proporcionado los medios de traer abundancia a nuestro suelo, fortaleza a nuestra industria, conocimientos a nuestras gentes. Por primera vez podemos romper las últimas cadenas de la pobreza y la ignorancia, libertar a nuestro pueblo para el logro de los anhelos espirituales e intelectuales que siempre han impulsado a nuestra civilización. [...]

[...] todos los pueblos del Hemisferio han de poder participar de las maravillas de la ciencia que son cada vez mayores y que cautivan la imaginación del hombre, ponen a prueba su intelecto y le proporcionan los medios para progresar rápidamente. Invito a los científicos latinoamericanos a trabajar con nosotros en nuevos proyectos relacionados con materias tales como la medicina y la agricultura, la física y la astronomía, la conversión de aguas salobres en aguas dulces, y ayudar a planear el establecimiento de laboratorios regionales de investigación sobre éstas y otras materias, como también a aumentar la cooperación entre las universidades y laboratorios de América.<sup>70</sup>

Esta reunión planteó una serie de recomendaciones a los gobiernos de los Estados miembros, a la OEA, organismos internacionales, fundaciones, universidades y otras entidades vinculadas a la ciencia y la tecnología. Destaca su recomendación a los organismos financieros internacionales:

[...] que el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial), y el Fondo Especial de las Naciones Unidas, que luego se transformó en el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), consideren la forma de organizar un programa integral de financiación de la investigación en la América Latina que permita el desarrollo adecuado de los esfuerzos científicos y tecnológicos dirigidos a la solución de los problemas específicos del área.<sup>71</sup>

Las recomendaciones de esta primera reunión interamericana tomarían forma concreta durante la Reunión de Jefes de Estado realizada en Punta del Este,

69 Organización Panamericana de la Salud (OPS) 1966.

70 Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA) 1964: 1.

71 Ibid: 18.

Uruguay, el 12-14 de abril de 1967. La "Declaración de los presidentes de América" congregados en esa oportunidad planteó que:

Latinoamérica se incorporará a los beneficios del progreso científico y tecnológico de nuestra época para disminuir, así, la creciente diferencia que los separa de los países altamente industrializados en relación con sus técnicas de producción y sus condiciones de vida. Se formularán o se ampliarán programas nacionales de ciencia y tecnología y se pondrá en marcha un programa regional; se crearán institutos multinacionales avanzados de capacitación e investigación; se fortalecerán los institutos de ese orden existentes en América Latina y se contribuirá al intercambio y progreso de los conocimientos científicos y tecnológicos.<sup>72</sup>

El Programa de Acción adoptado en esa misma reunión por los jefes de Estado definió las características generales del Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico que sería puesto en práctica dos años más tarde por la OEA. Además de plantear que la ciencia y la tecnología deberían contribuir al desarrollo económico y al bienestar, estos lineamientos indicaban que la "investigación científica pura y aplicada" debería ser del "más alto rango posible". Asimismo, que debería abarcar "el fomento de la investigación, la enseñanza y la difusión de la ciencia y la tecnología, la formación y perfeccionamiento de personal científico y el intercambio de informaciones", y "la transferencia y adaptación [...] del conocimiento y las tecnologías generadas en otras regiones".<sup>73</sup> Se acordó que el Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico sería implementado por intermedio de los organismos nacionales de política científica y tecnológica, se fundarían institutos multinacionales de investigación y capacitación, y se crearía un fondo interamericano para la formación científica y tecnológica. Un grupo de expertos tendría a su cargo el diseño de este programa y entregaría sus recomendaciones al Consejo Interamericano Cultural (CIC), que luego se transformó en el Consejo Interamericano para la Educación, la Ciencia y la Cultura (CIECC).

El informe del grupo de expertos, presidido por el Premio Nobel argentino Bernardo Houssay, fue aprobado en la reunión del CIC realizada en Maracay, Venezuela, en febrero de 1968. En este evento se creó el Fondo Especial Multilateral para la Educación, la Ciencia y la Cultura (FEMCIECC) sobre la base de aportes voluntarios de los países y otras fuentes, se definieron los lineamientos operativos, y se estableció que los principales instrumentos del Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico serían los "proyectos multinacionales" en ciencias básicas,

72 Secretaría de la Organización de Estados Americanos (OEA) 1967: 4. Sin embargo, estos planteamientos, derivados en gran medida de la Alianza para el Progreso, no fueron aceptados unánimemente. Por ejemplo, para el investigador cubano Gaspar Jorge García Gallo, quien fuera secretario de la Asociación de Trabajadores Científicos y Técnicos, "Los ideólogos de la metrópoli imperialista han elaborado fórmulas recogidas de los documentos de la Alianza para el Progreso, donde se habla de la necesidad de desarrollar la educación y la ciencia y de establecer la cooperación en este campo, pero tales fórmulas no persiguen otro objetivo que estrechar más la supeditación de nuestras economías y nuestra cultura a los intereses de la propia metrópoli". Véase Gaspar García Gallo 1968: 59.

73 Secretaría de la Organización de Estados Americanos (OEA) 1967: 20-21.

ciencias aplicadas y tecnología; las "acciones de refuerzo" a instituciones nacionales de ciencia y tecnología, y particularmente aquellas que no participaban en proyectos multinacionales; y los "estudios de base" para apoyar a los países de la región en la elaboración de sus políticas y planes nacionales de ciencia y tecnología.<sup>74</sup>

Un planteamiento de R. Cardón, asesor de la Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina, resume las ideas prevalecientes sobre el papel de la política científica en la región durante el decenio de 1960, cuando se creó el Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. En un evento auspiciado por la Fundación CIBA en Londres en abril de 1967, Cardón sugirió lo siguiente:

[...] es útil indicar que los países en las etapas iniciales de desarrollo deberían establecer primero una política para la ciencia. Esto es, el Estado debería promover de manera general la expansión de actividades científicas, la creación o multiplicación de centros para estas actividades, un aumento en el número de trabajadores científicos, y la provisión de un entorno adecuado para el desarrollo de actividades científicas en forma permanente y de volumen considerable. Sólo cuando esto se ha logrado —cuando se alcanza cierta "masa crítica" (medible a través del número de investigadores calificados empleados)— es posible diseñar una política científica. Hacer lo contrario sería operar en un vacío.<sup>75</sup>

Este planteamiento resume claramente la perspectiva de "empuje de la ciencia" que prevaleció durante los primeros años de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en la región.

Estas ideas empezaron a cambiar cuando se tomó conciencia de los problemas asociados con la transferencia de tecnología (véase la sección 5.3.2). Por ejemplo, unos años más tarde la Conferencia Especializada sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología al Desarrollo de América Latina (CACTAL), convocada por la OEA y realizada en Brasilia en 1972, buscó reafirmar en el ámbito político la importancia del apoyo a la ciencia y la tecnología en los países de la región y destacar el impacto negativo de algunas prácticas sobre transferencia de tecnología, en particular a través de contratos de licencia, asistencia técnica y de la importación de maquinaria y equipo. También fue escenario de debates entre las posiciones de los Estados Unidos y de los países latinoamericanos, y los andinos en particular, en cuanto a la regulación de la transferencia de tecnología. En este evento se creó el Proyecto Piloto de Transferencia de Tecnología, que bajo la dirección de Carlos Martínez Vidal experimentó con varios mecanismos regionales para facilitar el acceso a las fuentes de tecnología importada, reforzar la capacidad de negociación de los países de la región, y promover iniciativas de absorción de tecnología proveniente del exterior en las empresas.<sup>76</sup>

<sup>74</sup> Juan Carlos Gamba 1982; y Vladimir Yakovlev 1985.

<sup>75</sup> R. L. Cardón 1968: 223-224.

<sup>76</sup> Organización de Estados Americanos (OEA) 1972.

A través del Departamento de Asuntos Científicos de la OEA, entre 1969 y 1980 el Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico movilizó y administró más de US\$ 100 millones para proyectos conjuntos de ciencia y tecnología entre los países de la región. El esquema de financiamiento inicial contemplaba que por cada dólar aportado por los países latinoamericanos, los Estados Unidos contribuirían con dos dólares. Como parte del Programa Regional, el Departamento de Asuntos Científicos promovió, además, una serie de estudios, seminarios y eventos que fueron muy influyentes en el diseño y la puesta en práctica de políticas de ciencia y tecnología en América Latina.

Otro antecedente de los primeros esfuerzos latinoamericanos en políticas de ciencia y tecnología fueron las iniciativas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, que organizó una serie de seminarios sobre política científica y tecnológica en varios países de la región en 1966-1967, y que en el caso del Perú llevaron directamente a la creación del Consejo Nacional de Investigación en 1968.<sup>77</sup> A estas iniciativas se unió el apoyo de las fundaciones Rockefeller y Ford a varios proyectos de investigación científica y tecnológica en la región. Posteriormente, a partir de 1971, la colaboración entre el Departamento de Asuntos Científicos de la OEA y el Programa de Política Científica y Tecnológica del IDRC del Canadá, amplió el ámbito de acción de ambas instituciones y permitió generar un rico acervo de estudios conceptuales y empíricos.<sup>78</sup>

Desde sus inicios, el BID contribuyó con préstamos y asistencia técnica a la educación superior, la educación técnica y vocacional, y la ciencia y tecnología en la región. En 1967 Felipe Herrera, entonces presidente del BID, convocó a un "grupo científico asesor" para ayudar a definir una política institucional en materia de ciencia y tecnología. Entre sus conclusiones, este grupo destacó que el desarrollo en la región "exige un desarrollo científico y tecnológico propio", que "la investigación científica no puede prosperar desvinculada de la enseñanza" y que esto "no se improvisa". Planteó claramente también que:

La investigación tecnológica, cuya relación interactiva con la educación es igualmente importante, sólo puede prosperar en estrecha asociación con los problemas concretos del medio y con las actividades docentes. La importación y adaptación de tecnología extranjera es un sustituto transitorio, aunque necesario, mientras se logra elevar la capacidad tecnológica propia de los países hasta su pleno desarrollo.<sup>79</sup>

Entre principios de 1962, cuando se aprobó una primera operación de préstamo para reequipar ocho universidades nacionales en Argentina, y fines de 1971, el BID

<sup>77</sup> Véase: Francisco Sagasti 1995: 31-38.

<sup>78</sup> Amitav Rath 1986.

<sup>79</sup> Los miembros del grupo asesor fueron: Arturo Aldunate (Chile), John E. Cockcroft (USA), Richard Feynman (USA), Marcel Roche (Venezuela), Jack P. Ruina (USA) y Carlos Chagas (Brasil). Véase: Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 1979: 28-29.

aprobó 46 préstamos para instituciones de educación superior en casi todos los países de América Latina, desde Brasil hasta Haití, por un total aproximado de US\$300 millones. Estos fueron complementados con proyectos de cooperación técnica para apoyar la preparación de operaciones de préstamo en educación superior, investigación y extensión agrícola, y ciencia y tecnología en general.

Un informe preparado en 1979 indicó que el BID "ha sido posiblemente la primera institución de financiamiento internacional de ayuda para el desarrollo que incluyó entre sus áreas de operación el financiamiento de la educación superior", y también que fue "el primer ente de financiamiento internacional para el desarrollo que apoyara con préstamos y cooperación técnica, operaciones de envergadura para la creación y ampliación de la infraestructura científica y tecnológica de los países miembros". Entre 1962 y 1979 los préstamos otorgados por el BID a México, Brasil y Argentina específicamente para promover la investigación científica y el desarrollo tecnológico totalizaron aproximadamente US\$220 millones.<sup>80</sup>

Durante el decenio de 1980, que el entonces presidente del BID, Enrique Iglesias, bautizó como "la década perdida" para América Latina, esta institución continuó promoviendo el desarrollo de capacidades en ciencia y tecnología, tanto a través de préstamos como de estudios. El informe anual del BID, "Progreso económico y social en América Latina", correspondiente a 1988, trató sobre ciencia y tecnología, y al año siguiente Román Mayorga, responsable de este tema en el BID propuso una estrategia regional para fortalecer los sistemas de ciencia y tecnología en los países de la región y articularlos con el aparato productivo, mejorar la educación científica y tecnológica, fortalecer los organismos rectores en cada país, y emprender un programa regional en ciencias básicas y tecnologías avanzadas.<sup>81</sup> Sin embargo, la estrategia propuesta no fue adoptada formalmente por la institución ni llegó a implementarse en la región. No obstante, entre 1962 y 1995 el BID aprobó una treintena de operaciones de préstamo dirigidas específicamente a equipar laboratorios, formar recursos humanos altamente calificados y financiar proyectos de investigación tecnológica en los países de la región por un monto de aproximadamente US\$1,330 millones y movilizó un monto similar en recursos de contrapartida nacional.<sup>82</sup>

El énfasis puesto en ciencia, tecnología y educación superior por varios organismos internacionales, y por algunos países de la región, hizo que estos temas empezaran a figurar prominentemente en la agenda latinoamericana de políticas de desarrollo a partir del decenio de 1960, y que se mantuvieran vigentes al menos durante los veinte años siguientes.

<sup>80</sup> Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 1979.

<sup>81</sup> Román Mayorga 1989.

<sup>82</sup> Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 1998; Carlos Abeledo 1998. Para un análisis de las operaciones de préstamo en varios países de la región con énfasis en Colombia, véase Pedro José Amaya y Juan Francisco Miranda 1990.

## 5.2.2 Perspectiva económica estructuralista

A fines del decenio de 1940 los primeros trabajos de Raúl Prebisch sobre la economía latinoamericana sentaron las bases de lo que sería el pensamiento dominante en la región por más de tres decenios.<sup>83</sup> Desde el inicio, los planteamientos de Raúl Prebisch, Celso Furtado, Osvaldo Sunkel, Aníbal Pinto y Aldo Ferrer, entre otros, así como los de la CEPAL, incorporaron la difusión del progreso técnico y la capacidad científica y tecnológica como factores que explicaban el atraso relativo de la región. La concepciones estructuralistas de la CEPAL ofrecieron una interpretación integral alternativa a las ideas sobre el desarrollo derivadas de la economía neoclásica en los decenios de 1940 y 1950, y en particular a la teoría de las etapas del crecimiento económico de Walt W. Rostow.<sup>84</sup>

En esta perspectiva, desarrollo y subdesarrollo eran dos caras de la misma moneda, de un solo sistema económico mundial con un "centro" conformado por países desarrollados en los cuales se originaban los avances tecnológicos, y una "periferia" de países subdesarrollados que los recibía, pese a que en la mayoría de los casos no eran adecuados para su dotación de factores de producción (e. g. capital y trabajo). Por ejemplo, de acuerdo a Furtado:

Como consecuencia de la rápida difusión de nuevos métodos productivos desde unos pocos centros que han irradiado innovaciones tecnológicas, se ha generado un proceso que tiende a crear un sistema económico mundial. Es así que el subdesarrollo es considerado [...] una consecuencia del impacto de los procesos técnicos y de la división internacional del trabajo liderada por el reducido grupo de sociedades que asumieron la revolución industrial del siglo XIX. [...] desarrollo y subdesarrollo deben ser considerados como dos aspectos de un mismo proceso histórico que comprende la creación y difusión de la tecnología moderna.<sup>85</sup>

Los trabajos dirigidos por Prebisch en la CEPAL a fines del decenio de 1940 y principios del de 1950 proporcionaron una explicación detallada de los mecanismos a través de los cuales se generaba y difundía el progreso técnico, y de sus consecuencias para el crecimiento de la productividad, la acumulación de capital, la generación de excedentes económicos, la creación de empleo, el comercio exterior, los procesos inflacionarios, los flujos financieros internacionales, y las estructuras productivas, particularmente en la industria y la agricultura. Una de las ideas centrales en esta concepción es la del "deterioro de los precios de intercambio", idea que señala que, como resultado de las diferencias en la tasa de aumento de la productividad entre los

<sup>83</sup> Raúl Prebisch 1949 y 1951. Prebisch también dirigió el Estudio económico de América Latina - 1949, publicado por la CEPAL en 1950. Para un resumen de las ideas iniciales de la CEPAL, véase: Prebisch 1969.

<sup>84</sup> Walt W. Rostow 1961.

<sup>85</sup> Celso Furtado 1979b: xvi.

países del centro y los de la periferia, el precio promedio de las materias primas que exportan los países en desarrollo continuamente pierde valor en relación con el precio promedio de los productos manufacturados que exportan los países tecnológicamente más avanzados.

Uno de los primeros estudios dirigidos por Prebisch en la CEPAL merece ser citado en extenso para apreciar sus puntos de vista:

*En general, el progreso técnico ha venido reduciendo la proporción en que los productos primarios intervienen en el valor de los artículos terminados. Dicho de otro modo, va disminuyendo el contenido de productos primarios en el ingreso real de la población, especialmente en los grandes centros industriales. Son varias las razones que lo explican, entre ellas:*

- a) Las transformaciones técnicas, en su incesante creación de productos nuevos, elaboran en forma cada vez más compleja o refinada las materias primas que requiere el proceso productivo y disminuye así la proporción de ellas en el valor del producto final [...]
- b) Los adelantos técnicos permiten una mejor utilización de las materias primas, coproductos y subproductos, de tal suerte que una misma cantidad de productos primarios se traduce en un valor proporcionalmente mayor que antes de artículos terminados [...]
- c) Las materias elaboradas por procedimientos sintéticos [...] sustituyen a los productos naturales en campos cada vez más importantes de la actividad industrial. [...]

[Además] ciertas transformaciones que el progreso técnico ha provocado en las formas de consumir tienden al mismo sentido. Desde luego, las innovaciones técnicas han sido el factor dinámico que ha provocado los cambios más notables en la demanda. [...] Así:

- a) [...] al crecer el ingreso la demanda se diversifica y, mientras aumenta relativamente poco la de los alimentos usuales, después de pasado cierto límite, crece considerablemente la de los variados artículos en que van traduciéndose sucesivamente las innovaciones técnicas [...]
- b) En esa misma tendencia a la diversificación crece la demanda de servicios personales y, por tanto, disminuye la proporción en que entran los productos primos en la satisfacción de la demanda global de la población.

La combinación de todos estos hechos, resultantes de la evolución de la técnica productiva, tiene una consecuencia de primordial importancia para la periferia, pues *en virtud de ellos las importaciones de productos primarios en los centros industriales tienden a crecer con menor intensidad que el ingreso real.* (Énfasis en el original)<sup>86</sup>

Por lo tanto, los países exportadores de materias primas sin elaborar o con poco valor agregado —minerales en bruto, productos agrícolas básicos, productos pesqueros con escasa transformación, y aun petróleo y gas, entre muchos otros—

<sup>86</sup> Raúl Prebisch 1982b: 268-269 (publicado originalmente por la CEPAL en 1951).

tienen que exportar cada vez más de estos productos para importar la misma cantidad de manufacturas de los países ricos. Por esta razón, especializarse exclusivamente en la exportación de materias primas es entrar en un callejón sin salida, en el cual los ingresos medios de los países periféricos perderán terreno en relación con los de los países centrales.

Desde esta perspectiva, la única manera de escapar del subdesarrollo era avanzar cada vez más hacia una economía diversificada con un alto contenido de productos intensivos en tecnología. Esto llevó a Prebisch a plantear la estrategia de "industrialización por sustitución de importaciones". Si bien esta estrategia permitió un gran avance y un crecimiento económico excepcional en América Latina durante 1950-1980, también sentó las bases para una serie de abusos por parte de grupos industriales que se beneficiaron de aranceles altos y no invirtieron en la modernización de sus empresas. Pese a las controversias que rodearon a este planteamiento estratégico de desarrollo, está claro que sin él no hubiera sido posible crear buena parte de las capacidades científicas y tecnológicas con que contó la región durante esos años. De las múltiples expresiones que adoptaron las propuestas de la CEPAL sobre industrialización, podemos citar la siguiente:

[...] la industrialización de los países nuevos [...] no es un fin en sí misma, sino el único medio de que disponen éstos para ir captando una parte del fruto del progreso técnico y elevando progresivamente el nivel de vida de las masas. [...]

La industrialización de América Latina no es incompatible con el desarrollo eficaz de la producción primaria. Por el contrario, una de las condiciones esenciales para que el desarrollo de la industria pueda ir cumpliendo el fin social de elevar el nivel de vida, es disponer de los mejores equipos de maquinaria e instrumentos, y aprovechar prontamente el progreso de la técnica, en su regular renovación. [...] Necesitamos una importación considerable de bienes de capital, y también necesitamos exportar productos primarios para conseguirla.

Cuanto más activo sea el comercio exterior de América Latina, tanto mayores serán las posibilidades de aumentar la productividad de su trabajo, mediante la intensa formación de capitales. La solución no está en crecer a expensas del comercio exterior, sino en saber extraer, de un comercio exterior cada vez más grande, los elementos propulsores del desarrollo económico.<sup>87</sup>

Estas consideraciones llevaron a plantear una serie de propuestas acerca del papel de los avances tecnológicos en el desarrollo. De acuerdo a Prebisch: "*desarrollo es mudanza y disciplina: mudanza para facilitar el acceso de la tecnología y disciplina para aprovecharla con eficacia y distribuir equitativamente sus frutos en toda la colectividad*"

<sup>87</sup> Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 1977: 2-3.

(su énfasis).<sup>88</sup> Sin embargo, Prebisch dice claramente que “hay que adaptar la técnica moderna a [los países menos desarrollados] y no limitarse a trasfundirla. Si la investigación tecnológica se orientara especialmente hacia la consecución de formas que aumenten la producción por unidad de capital, combinándolas con las que logren las indispensables economías de mano de obra, [...] los resultados serían de vastas proyecciones para los países latinoamericanos” (su énfasis).<sup>89</sup> Aníbal Pinto ha señalado que la postura de la CEPAL “fue de relativo escepticismo en lo que se refiere a la transferencia universal del avance tecnológico”, y que enfatizó la necesidad de adaptar las tecnologías importadas a las condiciones locales.<sup>90</sup> Por su parte, Víctor Urquidí, director de la oficina de la CEPAL en México, fue uno de los primeros en explorar las relaciones entre desarrollo tecnológico, inversión extranjera y transferencia de tecnología.<sup>91</sup>

El carácter de la investigación científica y el desarrollo tecnológico que necesitaba América Latina fue claramente expuesto por Celso Furtado al proponer una agenda de temas para el desarrollo regional:

- (a) Reconstrucción de estructuras económicas con miras a intensificar la asimilación de tecnología moderna en todos los sectores productivos [...]
- (b) Formulación de políticas de empleo capaces de detener el actual proceso de creciente marginación social [...] La solución a este complejo problema exige un mínimo de tecnología autónoma que en la actualidad los países de la región no poseen.[...]
- (d) El logro de un mínimo de autonomía tecnológica. Dadas las particularidades de las materias primas de la región, especialmente en las áreas tropicales y subtropicales, y en vista de los aspectos sui generis de la economía, el desarrollo de América Latina exige un esfuerzo concertado en la promoción de la investigación tecnológica y de las ciencias básicas necesarias para consolidar y desarrollar los hallazgos de la investigación.

Furtado continuó desarrollando sus ideas y planteamientos sobre el papel que juegan el conocimiento y la creatividad en el desarrollo, vinculándolos a su interpretación de la expansión del sistema capitalista en la era de la globalización. De acuerdo a este autor:

Los impulsos más fundamentales del hombre generados por la necesidad de autoidentificarse y de situarse en el universo —impulsos que son la matriz de la actividad creadora: la reflexión filosófica, la meditación mística, la invención artística y la investigación científica básica— de una u otra forma fueron subordinados al proceso de transformación del mundo físico requerido por la acumulación. Se atrofiaron los

<sup>88</sup> Raúl Prebisch 1982a: 358 (texto presentado originalmente por Prebisch en la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, Nueva Delhi, 1968).

<sup>89</sup> Raúl Prebisch 1982b: 256 (texto publicado originalmente por la CEPAL en 1951).

<sup>90</sup> Aníbal Pinto 1990: 59-84.

<sup>91</sup> Víctor Urquidí 1962: 19-29.

<sup>92</sup> Celso Furtado 1970: 258. Furtado enfatiza también la importancia de la cooperación regional para avanzar en las direcciones propuestas, si bien se muestra escéptico al indicar que queda un largo camino para que la búsqueda de maneras efectivas y cada vez más complejas de cooperación económica rinda frutos.

vínculos de la creatividad con la vida humana concebida como un fin en sí misma, y se hipertrofiaron sus ligas con los instrumentos que utiliza el hombre para transformar el mundo. [...]

De una manera general, todas las formas que asume la creatividad humana pueden ponerse al servicio del proceso de acumulación. Pero son aquellas cuyos resultados son por naturaleza acumulativos —la ciencia y la tecnología— las que mejor satisfacen las exigencias de este proceso, lo que les vale el lugar privilegiado que ocupan en la civilización industrial.<sup>93</sup>

Estas reflexiones le plantean a Furtado los siguientes interrogantes: “¿es posible tener acceso a la tecnología moderna sin someterse al proceso uniformador mundial de valores impuesto por la dinámica de los mercados?; ¿existe la posibilidad de acceder a la tecnología de vanguardia de la civilización industrial y, al mismo, tiempo, escapar de la lógica del actual sistema de división internacional de trabajo? Sus respuestas apuntan en la dirección de hacer uso “de los recursos de la tecnología moderna en la medida en que ello sea compatible con la preservación de la autonomía en la definición de los valores sustantivos”.<sup>94</sup>

Otro de los pioneros en el pensamiento de la CEPAL fue Osvaldo Sunkel, cuyo libro sobre el subdesarrollo latinoamericano, originalmente publicado en 1970, lleva ya más de treinta reimpressiones. Al igual que en otros pensadores de la CEPAL, el tema de la ciencia y la tecnología estuvo presente desde el principio entre las ideas planteadas por Sunkel. Por ejemplo, el papel de la tecnología en las transformaciones productivas fue destacado por Sunkel y Paz: “los esfuerzos de inversión y de industrialización por ejemplo, no lograrán los efectos esperados, o deseados, cuando prevalecen en algunos sectores de la economía, como en la agricultura, estructuras e instituciones que dificultan el avance tecnológico, el mejoramiento de la productividad y la utilización eficiente de los recursos [...]”. Asimismo, ambos afirmaron la necesidad de poner énfasis en “los aspectos relacionados con la capacidad de investigación científica y tecnológica, por ser elemento determinante, junto con la estructura del poder, de la capacidad de acción y manipulación tanto interna como de las vinculaciones externas del país”.<sup>95</sup>

En un trabajo posterior, Sunkel pone de relieve el papel que cumplen el conocimiento y la innovación en superar el estancamiento de la región, y en lograr un crecimiento de las exportaciones articulado con el sistema productivo nacional en el nuevo contexto de la globalización:

En definitiva, se trata de impulsar un desarrollo exportador “dinamizante”, en el sentido de una creciente incorporación de tecnología y conocimiento, y la intensificación del aprovechamiento de las economías externas mediante la profundización de la

<sup>93</sup> Celso Furtado 1979a: 100-101, 103; 1984: 122-140; y 2003: 75-77.

<sup>94</sup> Celso Furtado 1999: 59.

<sup>95</sup> Osvaldo Sunkel y Pedro Paz 1970: 35 y 38.

integración productiva interna, horizontal y verticalmente, destinadas tanto a aumentar la competitividad y la proporción de exportaciones de mayor valor agregado y contenido tecnológico, como a eslabonar las demás ramas productivas y estratos empresariales, a la dinámica del sector exportador.

Este conjunto de políticas de naturaleza estructural e institucional, que justamente deberá especificarse en detalle en la elaboración de la estrategia de desarrollo de mediano y largo plazo en cada país, es la nueva forma que toma la política industrial, la política de ciencia y tecnología y la política de recursos humanos y de educación. Estas, entre otras de similar naturaleza, adquieren actualmente una especial importancia en virtud de que el margen de maniobra de las políticas económicas tradicionales es ahora, por razones internas e internacionales [...] sumamente estrecho.<sup>96</sup>

Queda claro que el progreso técnico tuvo un papel fundamental en los esquemas de interpretación del proceso de desarrollo de Prebisch, Furtado y los estudiosos asociados a la CEPAL. En cierta forma podría decirse que se adelantaron en varios decenios a concepciones recientes acerca de la "economía del conocimiento" que enfatizan el papel que juegan la ciencia, la tecnología y la innovación en los primeros años del siglo 21.

### 5.3 Líneas de pensamiento sobre ciencia, tecnología y desarrollo en América Latina

Hacia fines del decenio de 1960, con la convergencia de las perspectivas científica y tecnológica y económica estructuralista reseñadas en la sección precedente, se fue configurando en América Latina un conjunto de ideas, iniciativas y prácticas para apoyar el desarrollo de capacidades científicas, tecnológicas y de innovación. Como se verá más adelante, muchas de estas iniciativas perdieron fuerza durante el decenio de 1980, pero la experiencia de los años iniciales constituye un valioso acervo que es necesario preservar, evaluar y rescatar.

Es preciso reconocer la influencia de algunos estudiosos europeos, particularmente de la Science Policy Research Unit (SPRU) de la Universidad de Sussex, liderada por Christopher Freeman, Geoffrey Oldham y Charles Cooper, en la configuración de las ideas sobre política científica y tecnológica en América Latina durante el decenio de 1970. La SPRU tuvo un impacto significativo principalmente a través de la difusión de estudios e investigaciones, la formación de profesionales en política científica y tecnológica, la realización de eventos y seminarios, la presencia de estudiosos latinoamericanos como profesores visitantes en ella, y la conexión que tuvo con el IDRC de Canadá, que financió un gran número de estudios en este campo.

<sup>96</sup> Osvaldo Sunkel 1999: 29-82.

El "Manifiesto de Sussex", preparado bajo la dirección del economista Hans Singer, con la participación de Charles Cooper, Christopher Freeman y Geoffrey Oldham, entre otros, fue uno de los primeros documentos de amplio alcance que plantearon una agenda sobre ciencia y tecnología para los países en desarrollo. Entre otros aspectos, trazó metas cuantitativas para la inversión en investigación y desarrollo experimental en los países en desarrollo, y también para la ayuda científica y tecnológica de los países desarrollados; también incorporó conceptos tales como la "fuga interna" y la "fuga externa" de cerebros, propuso una agenda de reformas institucionales y de política, y sugirió criterios para reorientar el esfuerzo científico y tecnológico en los países pobres y los países ricos. Este documento sirvió de base para la introducción del Plan de Acción sobre Ciencia y Tecnología aprobado por el Consejo Consultivo de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas en 1970.<sup>97</sup>

Examinaremos tres aspectos de la producción intelectual en este campo: el papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo y el contexto en que se ubican; los factores que condicionan el desarrollo de capacidades en ciencia y tecnología; y el diseño y puesta en práctica de políticas y estrategias, añadiendo una mención al papel de los organismos internacionales. Cabe mencionar que estos aspectos no reflejan completamente ni agotan en modo alguno la riqueza de ideas y propuestas de los estudiosos, analistas, funcionarios y ejecutivos en la región, y que muchas veces ha sido necesario seleccionar ciertos aspectos de la producción intelectual de los autores reseñados. Además, dado que varios de ellos hicieron contribuciones en una variedad de campos de la política de ciencia, tecnología e innovación, es difícil clasificarlos, por lo que su ubicación en una u otra categoría es un tanto arbitraria. Posteriormente relacionaremos estas ideas con una cronología de las etapas de la evolución de las políticas en ciencia, tecnología e innovación en América Latina.

#### 5.3.1 El papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo y su vinculación con el contexto social

Un primer conjunto de planteamientos se refiere al papel de la ciencia en el desarrollo y su vinculación con el entorno histórico, cultural, político, social y económico, y al énfasis que pusieron intelectuales latinoamericanos en vincular la ciencia a los problemas de la región. En su etapa inicial, estos trabajos destacaron el papel de la ciencia y, en menor medida, de la tecnología en el desarrollo. Sin embargo, desde el primer momento generaron interés y preocupación por temas tales como la dependencia científica y tecnológica, la planificación de la investigación básica y

<sup>97</sup> Véase: Hans Singer y otros 1970. Por otra parte, el Seminario de Estudios número 24, organizado por el SPRU en conjunto con el Institute of Development Studies (IDS) en la Universidad de Sussex en 1972, congregó a un grupo de jóvenes latinoamericanos que luego cumplieron un papel destacado en los estudios y en la práctica de la política científica y tecnológica latinoamericana. Entre ellos se encontraban Mauricio de María Campos, Alejandro Nadal, Eduardo Amadeo, Carlos Añez y Fabio Erber.

aplicada, el impacto que tuvieron la crisis de la deuda y sus secuelas en la ciencia y tecnología, y la manera en que las estructuras sociales y tecnoeconómicas condicionaron las oportunidades para crear capacidades en este campo.

### *Ciencia, tecnología, marginalidad y dependencia*

Un claro ejemplo de la manera en que se visualizaba el papel de la ciencia en el desarrollo a mediados del decenio de 1960 proviene del informe preparado por la comisión que dio origen a la creación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en Venezuela. Bajo la presidencia de Marcel Roche, esta comisión presentó un diagnóstico de la investigación en ese país, examinó la experiencia de otros países y preparó un anteproyecto de ley para la creación de dicho organismo. Entre sus conclusiones justificó el apoyo a la ciencia y la tecnología en los siguientes términos: "la investigación científica y tecnológica es una necesidad nacional, tan apremiante como el salvar nuestros recursos naturales o defender nuestra soberanía. En el mundo de hoy es imposible el aislamiento económico y muy peligroso el dejar el mercado nacional sin defensa ante la presión de los avances tecnológicos de los centros industriales del exterior".<sup>98</sup>

Una investigación académica de Joseph Hodara abordó de manera general las relaciones entre las estructuras científicas y las estructuras políticas, destacando que el desarrollo científico no es autónomo y que está imbricado con otras estructuras de poder.<sup>99</sup> En la misma línea, un trabajo de Olga Gasparini sobre la situación de las instituciones científicas en Venezuela señaló que no es posible entender su comportamiento sin tomar en cuenta, entre otros factores, las estructuras sociales y culturales que las condicionan, incluyendo aspectos tales como tradiciones, mentalidades, valores, normas, ideología y el sistema de clases.<sup>100</sup>

Algunos intelectuales latinoamericanos, como por ejemplo Oscar Varsavsky, llevaron esta preocupación por el contexto y la política hacia un cuestionamiento de la existencia de una ciencia universal, que contrastaba con una ciencia comprometida con el desarrollo en la región. Varsavsky argüía que es preciso evitar el "cientificismo" que aislaba a los científicos de los problemas sociales que los rodeaban, y que es necesario reemplazarlo por una "ciencia politizada" que tuviera en cuenta las estructuras de poder

<sup>98</sup> Comisión Preparatoria para la Creación de un Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en Venezuela 1965: 62. Otros trabajos en la misma línea fueron: Marcel Roche 1968; Gaspar García Gallo 1968; y Dulce Arnao de Uzcátegui y otros 1973.

<sup>99</sup> Joseph Hodara 1969.

<sup>100</sup> Olga Gasparini 1969. El papel de la ciencia y la tecnología en la atmósfera cultural de nuestro tiempo fue destacado por Juan García Bacca: "Nuestra concepción del universo, nuestra atmósfera cultural o el aire de nuestro espíritu se compone de un cuarenta por ciento de ciencia, de un treinta por ciento de técnica; de un diez por ciento de historia; de un siete por ciento de filosofía; de un cinco por ciento de derecho; de un cuatro por ciento de arte; de un dos por ciento de teología, y dejemos un dos por ciento para otros elementos". Véase Juan García Bacca 1981: 7.

y dominación vigentes en la región, y que permitiera "usar la ciencia para ayudar al cambio de sistema, tanto en la etapa de lucha por el poder como en la de implantación —y definición concreta previa— del que lo va a sustituir" (su énfasis).<sup>101</sup>

Orlando Fals Borda planteó argumentos similares a los de Varsavsky. Propuso hacer una "ciencia rebelde y subversiva" que ponga énfasis en traducir las ideas a la práctica, que con rigor y eficacia contribuya a reconstruir la sociedad latinoamericana, y que descarte un supuesto complejo de inferioridad y abandone la subordinación a los dictados de "colegas y maestros de otras latitudes".<sup>102</sup> José Leite Lopes enfatizó que la utilización de la ciencia y de la tecnología no debe limitarse a la importación pasiva de conocimientos y técnicas elaborados y patentados en otras regiones. Argumentó que es necesario crear capacidades propias en ciencia y tecnología en cooperación con las universidades, institutos y científicos en el exterior, pero manteniendo la autonomía política y el poder de decisión que permitan poner a la ciencia al servicio de los intereses nacionales.<sup>103</sup> Por su parte, Henrique Rattner puso énfasis en la primacía de los factores políticos y económicos sobre aquellos de carácter tecnológico, señalando que la tecnología debería adecuarse a las prioridades y los recursos de cada región: "el futuro de las sociedades latinoamericanas y sus posibilidades de inserción, con relativa autonomía, en la nueva división internacional del trabajo, parecen más ligados y dependientes de las opciones políticas que se adopten en el proceso de reconstrucción del subcontinente, que de la aplicación de nuevas o 'apropiadas' tecnologías en las estrategias y directrices de desarrollo de la economía y el ecosistema".<sup>104</sup>

En dos libros muy difundidos e influyentes, Amílcar Herrera estudió las causas del atraso científico y tecnológico de América Latina, puso énfasis en el carácter social de la ciencia y la tecnología, describió la naturaleza y los efectos de la dependencia científica y tecnológica en la región, propuso maneras de formular e implementar políticas de ciencia y tecnología, y planteó claramente que para desarrollar esos campos era necesario adoptar políticas coherentes en ámbitos que van más allá de lo estrictamente científico y tecnológico.<sup>105</sup> Herrera destacó también la importancia de la investigación científica básica, indicando que ésta es necesaria para hacer uso efectivo del acervo mundial de conocimientos, para resolver problemas específicos de los países en desarrollo, y para acercarse lo más posible a las fronteras de conocimiento en los campos prioritarios para el desarrollo tecnológico.<sup>106</sup> Por su parte, Helio Jaguaribe puso énfasis en el carácter evidente del atraso científico y tecnológico de América Latina,

<sup>101</sup> Oscar Varsavsky 1969: 5. Estos planteamientos generaron una fuerte polémica y fueron respondidos en Gregorio Klimovsky y otros 1975.

<sup>102</sup> Orlando Fals Borda 1971.

<sup>103</sup> José Leite Lopes 1975.

<sup>104</sup> Henrique Rattner 1990: 42; véase también Henrique Rattner 1980.

<sup>105</sup> Amílcar Herrera 1970 y 1971.

<sup>106</sup> Amílcar Herrera 1974: 47-62.

señalando que, además de factores culturales, era necesaria la decisión política para reducir esta brecha que atentaba contra el desarrollo de la región.<sup>107</sup>

El filósofo de la ciencia Mario Bunge planteó el desarrollo integral de las sociedades requiere de medidas para "promover el progreso *simultáneo* de los sistemas biológico, económico, político y cultural" (*su énfasis*), añadiendo que "desde comienzos de la Edad Moderna toda cultura desarrollada incluye a los dos sectores más dinámicos: la ciencia y la tecnología. No hay, pues, desarrollo cultural, ni por lo tanto integral, sin desarrollo científico y tecnológico".<sup>108</sup> Bunge propone distinguir claramente entre ciencia básica, ciencia aplicada, técnica y economía, si bien arguye también que interactúan vigorosamente y que es "tan equivocado negar las diferencias como exagerarlas. Puesto que los cuatro sectores son distintos, no hay que confundirlos; y puesto que se necesitan el uno al otro, no hay que separarlos". Además, Bunge indica que estos sectores están estrechamente vinculados con la filosofía y la ideología, ya que "no hay investigación científica sin supuestos filosóficos acerca de la naturaleza y de la sociedad, así como la manera de conocerlas y transformarlas. [...] Ni hay técnica sin ideología, ya que esta fija valores y, con estos, fines".<sup>109</sup>

La marginalidad de la actividad científica y tecnológica en la región fue destacada por otros autores. Por ejemplo, de acuerdo a Luis Mata Mollejas, la ciencia latinoamericana es doblemente marginal; en primer lugar, lo es en relación con otras actividades sociales, y por lo tanto, la "supresión de la actividad científica y tecnológica interna no afectaría significativamente el funcionamiento del sistema económico y el sistema político nacional"; en segundo lugar, es marginal con respecto al esfuerzo y la actividad científica y tecnológica en el ámbito mundial.<sup>110</sup> Esta marginalidad se da en grados distintos en las diferentes ramas del conocimiento y la economía, se traduce en una escasa demanda por resultados específicos de proyectos de investigación, y lleva a una limitada oferta de conocimientos científicos y tecnológicos capaces de ser incorporados en las actividades productivas y de servicios. En forma similar, Marcel Roche hizo hincapié en el aislamiento relativo de los investigadores básicos y dedicados a aplicar su conocimiento:

Algunos científicos en la región muestran, en efecto, un desdén por la investigación aplicada, pero la mayoría de ellos estaría de acuerdo en llevarla a cabo si fueran estimulados por el medio, aliviando así el sentido de alienación que con frecuencia sienten. La poca investigación industrial que existe está obligada a funcionar en gran parte en el vacío, con proyectos que son auto-generados más bien que motivados por necesidades industriales sentidas.<sup>111</sup>

Las concepciones sobre dependencia en América Latina planteadas por Fernando Henrique Cardoso, Theotonio dos Santos, André Gunder Frank y Alonso Aguilar, entre otros, tuvieron una influencia considerable en la manera de apreciar las relaciones entre ciencia, tecnología y desarrollo. Sus trabajos destacaron la importancia del contexto cultural, político, económico y social que condicionaba y restringía las opciones de desarrollo autónomo, y que requería desvincularse del sistema capitalista internacional para explorar nuevos caminos.<sup>112</sup> Adoptando esta perspectiva, Mario Krieger resumió el carácter multidimensional del fenómeno de dependencia, indicando que: "significa una relación asimétrica de poder, un condicionamiento diferenciado y una relación de influencia-dominación de las estructuras políticas, económicas, tecnológicas, culturales, militares, etc. de los países de centro a los países de periferia. La dependencia resulta un factor decisivo [...] para conformar la estructura de poder y dominación interna de una sociedad".<sup>113</sup>

En esta misma línea, Eduardo Amadeo analizó las manifestaciones tecnológicas de la dependencia, señalando que no existía conocimiento generado domésticamente disponible para ser incorporado a las empresas, y que cuando éste existía "los encargados de tomar las decisiones tecnológicas prefieren conocimiento extranjero", por lo que se debe "tomar como base del análisis las características estructurales de una economía subdesarrollada y dependiente, moviéndose dentro de los límites fijados por la evolución del capitalismo internacional". De esta manera, el margen de maniobra para el diseño y puesta en práctica de políticas de ciencia y tecnología estaba severamente limitado, y sólo sería posible ampliarlo mediante "la actuación del Estado que, o bien modifique las condiciones del entorno (consumos superfluos con periódica obsolescencia) o bien interfiera en la evaluación costo-beneficio de la decisión empresarial, acercando más la decisión final hacia el óptimo social. Para ello existen múltiples instrumentos que no se utilizan adecuadamente: el poder económico de las empresas estatales, políticas crediticias, fiscales, aduaneras."<sup>114</sup>

Para Francisco Suárez, no era posible superar la dependencia científico-tecnológica sin desmontar el andamiaje de la dependencia cultural derivado de los procesos histórico de la conquista y la independencia, que estuvieron asociados con el "imperialismo cultural y su correlato de la dependencia cultural".<sup>115</sup> Esto lo llevó a postular que "la dependencia científica es mucho más fruto de la dependencia cultural que de la dependencia económica", y a la conclusión de que las estructuras científicas son

<sup>112</sup> Para una revisión muy completa de las ideas sobre dependencia científica y tecnológica, véase: María del Carmen del Valle 2010, y en particular los capítulos sobre Alonso Aguilar, Fernando Henrique Cardoso, André Gunder Frank y Theotonio Dos Santos.

<sup>113</sup> Mario Krieger 1976: 120. Citando al presidente argentino Juan Domingo Perón, Krieger destacó que no hay manera de superar esta situación sin una acción conjunta de los países en desarrollo para conformar un "Tercer Mundo" al margen del "imperialismo yanqui" y del "imperialismo soviético". (Mario Krieger 1976: 131-132).

<sup>114</sup> Eduardo Amadeo 1975: 138, 143-144.

<sup>115</sup> Francisco Suárez 1975a: 137.

<sup>107</sup> Helio Jaguaribe 1971: 389-432.

<sup>108</sup> Mario Bunge 1980: 24.

<sup>109</sup> Mario Bunge 1980: 31.

<sup>110</sup> Luis Mata Mollejas 1973.

<sup>111</sup> Marcel Roche 1975: 57-58.

"producto de una larga penetración cultural en un país acostumbrado a mirar al exterior en la búsqueda de pautas de conducta, criterios de modernidad y racionalidad".<sup>116</sup> Las ideas asociadas a la teoría de la dependencia pusieron énfasis en la necesidad de cambiar las estructuras de poder internacional y sus maneras de reproducirse al interior de los países latinoamericanos, con el fin de abrir espacios para el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas propias. Para Oscar Varsavsky todo esto hacía necesario avanzar hacia un estilo de desarrollo que denominó "socialismo nacional creativo", que consideraba "una utopía muy probablemente viable" caracterizada por una "sociedad solidaria en vez de competitiva, con alta participación popular en todas las decisiones y por lo tanto igualitaria en la distribución", basada en la "formación del Hombre Nuevo, solidario, participante, creativo".<sup>117</sup>

Jorge Sábato adoptó una perspectiva diferente sobre la manera de enfrentar la dependencia científica y tecnológica. En vez de cuestionar el impacto de las estructuras de poder internacional, puso énfasis en la necesidad de lograr autonomía de decisión en materia de ciencia y tecnología.<sup>118</sup> Los términos "autodeterminación", "autosuficiencia" y "autodependencia" fueron acuñados para reflejar esta concepción y adoptados como traducción al castellano de *self-reliance*, un concepto ampliamente utilizado en las discusiones internacionales sobre política científica y tecnológica del decenio de 1970. Esta forma de responder al desafío de la dependencia tecnológica fue elaborada en tres sentidos diferentes, cada uno más exigente que el anterior: como capacidad para tomar decisiones autónomas en materia de tecnología; como la capacidad de generar independientemente los elementos críticos de conocimiento tecnológico requeridos para determinado producto o proceso; y como el potencial autónomo para producir y organizar en el país los productos y servicios considerados esenciales en la estrategia de desarrollo.<sup>119</sup> De esta manera se trató de operacionalizar las intervenciones para reducir el impacto negativo del contexto internacional en el ámbito de la ciencia y la tecnología, soslayando las transformaciones revolucionarias que implicaban las concepciones totalizadoras de la teoría de la dependencia.

Como reacción a los planteamientos sobre dependencia y marginalidad de la ciencia y la tecnología en América Latina, que se percibían como pesimistas y sombríos, hacia fines del decenio de 1970 surgieron contribuciones que intentaron abrir espacios para la formulación de políticas y estrategias con cierto grado de autonomía. El volumen compilado por James Street y Dilmus James adoptó la premisa de que "la tecnología y la ciencia tienen la tendencia a llegar a un acceso universal al

<sup>116</sup> Francisco Suárez 1975b: 157.

<sup>117</sup> Oscar Varsavsky 1972: 22. Varsavsky asesoró al gobierno militar del general Juan Velasco Alvarado en el Perú, y propuso planteamientos para reorganizar el sistema educativo vinculados a las ideas del antropólogo brasileño Darcy Ribeiro 1973, que también fue asesor del gobierno militar.

<sup>118</sup> Jorge Sábato 1971.

<sup>119</sup> Francisco Sagasti 1976: 14-15.

mismo tiempo que ofrecen un escape de la explotación extranjera constante y de una dependencia sin remedio".<sup>120</sup> Para Street:

El retraso tecnológico de América Latina no es algo impuesto sobre la región por recientes fuerzas del exterior, como afirman miembros de la Escuela de la Dependencia. Es una situación profundamente imbuida en la evolución histórica de la cultura y por las instituciones y actitudes arcaicas, pero no debe continuar. Solamente con los persistentes esfuerzos para elevar la efectividad funcional de la educación a todos los niveles y cumpliendo así con el requisito de mejorar sus recursos humanos puede América Latina eliminar su dependencia tecnológica y dirigir el curso de su propio desarrollo.<sup>121</sup>

Estos planteamientos resumen un punto de vista que se afianzaría cada vez más en la región, y que pone énfasis en los esfuerzos propios para aprovechar las oportunidades que ofrecen la ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo latinoamericano. A modo de ilustración, un informe sobre la gestión 1983-1989 de la Secretaría de Ciencia y Técnica de Argentina, que describe las ideas que llevaron sus responsables al gobierno, plantea que: "la ciencia y la tecnología no son elementos de lujo para un país como el nuestro. Son instrumentos básicos de independencia, como lo son, por ejemplo, la política internacional y la política económica. Nuestra 'inteligencia' tiene que servir a las grandes prioridades nacionales; tiene que servir para romper la dependencia mental, que es la más grave".<sup>122</sup>

### *Política y planificación científica y tecnológica*

La importancia de la política y de los planes gubernamentales de ciencia y tecnología fue un tema recurrente durante varios decenios, hasta que las corrientes de pensamiento sobre liberalización económica y disminución del papel del Estado tomaron fuerza durante la década de 1980. Por ejemplo, un informe de la Universidad de Chile señalaba que el Estado, a través del gobierno, tiene la responsabilidad de generar una política nacional de ciencia y tecnología y de realizar acciones deliberadas para llevarla a cabo, mientras que al sector productivo le corresponde materializar la innovación tecnológica.<sup>123</sup>

La posibilidad de planificar la ciencia y la tecnología, un asunto que fue planteado inicialmente por J. D. Bernal en el Reino Unido antes de la segunda guerra mundial, fue examinada, entre otros, por Marcel Roche en el contexto regional. Roche concede la necesidad de orientar el desarrollo de la ciencia y la tecnología de tal manera que coincidan con los de los países en que trabajan los científicos, pero considera que la

<sup>120</sup> James H. Street y Dilmus D. James 1982: 17.

<sup>121</sup> James H. Street 1982: 120.

<sup>122</sup> Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación Argentina 1989: 14.

<sup>123</sup> Universidad de Chile 1972.

naturaleza de la investigación científica, que depende de la creatividad e imaginación, es muy difícil de planificar. No obstante, para este autor la definición de prioridades y la asignación selectiva de recursos se hace más evidente y necesaria "si se le da a la ciencia su significación más amplia, que no se limita a la búsqueda sistemática de nuevo conocimiento, a la llamada ciencia por la ciencia".<sup>124</sup>

Los dilemas de la planificación de las actividades científicas y su vinculación con el proceso de desarrollo, que fueron motivo de debate en esa época, fueron examinados con agudeza en el informe de la Universidad de Chile mencionado anteriormente:

El plan científico [es] parte del plan nacional de desarrollo y la formulación y control de la ejecución de la política científica y su constante perfeccionamiento pasan a ser preocupaciones de los más altos niveles del gobierno. El gobernante adquiere así un compromiso y una responsabilidad que hasta ahora no han existido en el campo del progreso científico y tecnológico.

La comunidad científica ha sustentado firmemente el criterio que la investigación encausada al avance del conocimiento, o sea, lo que comúnmente se denominaría la investigación básica o fundamental, debe ser libre de toda interferencia y no admite más orientación que la inspiración del científico individual.

No debe confundirse la necesidad de fijar algunos de los criterios y normas que determinan el volumen y distribución de recursos que se asignan a investigación básica destinada primordialmente al avance del conocimiento como un fin en sí mismo, con la libertad que los investigadores académicos deben tener en la determinación de los proyectos específicos de investigación y en la metodología que utilicen para llevarlas a efecto. En suma, en este campo el planeamiento es necesario, pero se expresará en políticas y prioridades de tipo muy general, dejando al investigador amplios grados de libertad para ejercer su iniciativa individual.<sup>125</sup>

Para Osvaldo Cori los intentos de planificar las actividades científicas y sus resultados eran una tarea fútil:

La investigación científica comparte la suerte de cualquier forma de pensamiento original: su dirección de cada instante se halla determinada por sus propios hallazgos; puede iniciarse y orientarse de acuerdo a un plan, pero en la misma medida en que sea exitosa, irá desbordando el plan y formulando uno nuevo. Esta es la característica de la libertad de investigación que se toma a menudo como una condición que excluiría toda posibilidad de planificación a largo plazo y a nivel institucional o nacional.<sup>126</sup>

Un trabajo de Floreal Forni y Raúl Bisio, que cubre una amplia gama de aspectos de las relaciones entre ciencia, tecnología y producción, reseña algunas ideas de Mario

<sup>124</sup> Marcel Roche 1975: 83.

<sup>125</sup> Universidad de Chile 1972.

<sup>126</sup> Osvaldo Cori 1975: 58.

Bunge sobre la posibilidad y deseabilidad de planificar las actividades científicas. Bunge atacó lo que denominó el: "plan dirigista [...] un plan que someta la investigación científica a intereses extraños al desarrollo de la propia ciencia, exija resultados prácticos a corto plazo y tuerza las vocaciones". En contraste, aboga por "un *plan liberal* que se proponga *finés intracientíficos*, que persiga en primer lugar el crecimiento y la maduración de la ciencia misma. [...] que sería compatible con la libertad de investigación [...] [que] sólo se propondrá *facilitar* todo proyecto de investigación razonable". (*su énfasis*). Para Forni y Bisio, los planteamientos de Bunge olvidan la dependencia estructural, la marginalidad, los condicionantes externos y la concentración de poder en los países de América Latina, y ofrecen: "una concepción 'angélica' de la ciencia: una especie de la ciencia por y para la ciencia misma, ajena a sus responsabilidades sociales. [...] La degeneración de esta concepción lleva a un científicismo neutral a toda valoración extraña a la propia definición ideológica que los científicos tengan de la ciencia".<sup>127</sup>

Otras contribuciones en la región desarrollaron propuestas detalladas para diferenciar entre los ámbitos de la política científica y la política tecnológica, para identificar los tipos de decisiones sobre ciencia y tecnología que eran susceptibles de análisis sistemático en función de objetivos nacionales, y propusieron metodologías operativas para definir objetivos de investigación científica y desarrollo tecnológico, crear un entorno favorable para llevar a cabo estas actividades, diseñar estructuras institucionales adecuadas, establecer prioridades y asignar recursos de todo tipo.<sup>128</sup> Asimismo, durante el decenio de 1980 se llevaron a cabo una serie de trabajos sobre prospectiva tecnológica, buscando anticipar los avances que tendrían mayor repercusión en el desarrollo de América Latina, y diseñando programas adaptados a las condiciones de la región.<sup>129</sup>

La posibilidad y necesidad de evaluar los proyectos de inversión en ciencia y tecnología en función a su contribución a objetivos sociales y de desarrollo fue planteada por Alberto Aráoz y Mario Kamenetzky, para quienes estos proyectos no sólo deben responder a las necesidades nacionales, sino también identificar nuevas oportunidades y prever problemas y posibilidades futuros. Aráoz y Kamenetzky proponen un esquema conceptual que identifica ejes, líneas y proyectos de ciencia y tecnología, vinculándolos con diferentes horizontes temporales, y considerando una amplia diversidad de rubros objeto de estas inversiones.<sup>130</sup>

<sup>127</sup> Floreal Forni y Raúl Bisio 1975: 215-216.

<sup>128</sup> Véase: Víctor Urquidí 1980: 1237-1243 y Mario Bunge 1980: 138-139. Para un conjunto de contribuciones sobre este tema, véase: Jairo Laverde 1982; Francisco Sagasti y Alberto Aráoz 1988. Para el caso de Uruguay, véase: Eduardo Martínez y Aldo Berj 1988. Para el caso de Cuba, Tirso W. Sáenz y Emilio García Capote 1981; y Emilio García Capote 1985. Para un resumen del estado de este tema en la región a principios del decenio de 1990, véase: Eduardo Martínez 1993.

<sup>129</sup> Véase: Rodrigo Arocena 1993: 185-219; Jorge Beinstein 1993: 221-230; Amílcar Herrera 1987b; y Tirso W. Sáenz y Emilio García Capote 1987: 375-390.

<sup>130</sup> Alberto Aráoz y Mario Kamenetzky 1975.

Pese a estos avances conceptuales, la práctica de la planificación científica y tecnológica dejó mucho que desear. Un ensayo de Marcel Antonorsi-Blanco e Ignacio Ávalos puso en evidencia el carácter ilusorio de los planes de ciencia y tecnología en Venezuela, mostrando que la proliferación de prioridades establecidas en los planes equivalía a no tener prioridades, que las confusiones conceptuales (por ejemplo, entre política científica y política tecnológica) generaban inconsistencias, y que se carecía de instrumentos efectivos para poner en práctica los planes.<sup>131</sup>

### *Ciencia y tecnología en el desarrollo, y la "década perdida"*

La creciente atención que se prestó a la ciencia y la tecnología durante los decenios de 1970 y 1980 llevó a la idea de integrar plenamente la capacidad científica y tecnológica en la definición del concepto de desarrollo. Esta idea encontró su expresión en una serie de trabajos que intentaron redefinir la noción de desarrollo en términos de las interacciones entre las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación y los procesos socioeconómicos, y fue incorporada posteriormente en los trabajos preparatorios para la Conferencia de Viena sobre ciencia, tecnología y desarrollo en 1979, pasando así del ámbito latinoamericano al internacional.<sup>132</sup>

La prioridad otorgada a la ciencia, tecnología e innovación, y los avances en incorporarlas en la concepción del desarrollo, fueron revertidos durante la "década perdida" de 1980 durante la cual el ingreso por habitante se estancó y los desequilibrios macroeconómicos caracterizaron a la mayoría de los países latinoamericanos. Un elevado servicio de la deuda externa presionó sobre la disponibilidad de divisas y sobre las cuentas fiscales, y los altos niveles de inflación, generados por los crecientes déficit del sector público y por la emisión inorgánica de dinero, crearon una situación de inestabilidad económica generalizada. Los sectores productivos de la región se vieron fuertemente golpeados por la reducción en la demanda doméstica y por las dificultades para exportar, mientras que los ingresos reales de los consumidores disminuyeron bruscamente. Más aún, el fracaso de sucesivos programas de estabilización aumentó la incertidumbre y la desconfianza de los empresarios y agentes financieros.

En esta situación, la mayoría de las inversiones a largo plazo se paralizaron, y las preocupaciones tecnológicas pasaron a un segundo o tercer plano. Los gerentes de finanzas se convirtieron en los funcionarios más importantes en las empresas, mientras que los encargados de asuntos técnicos o de recursos humanos perdieron influencia en la toma de decisiones. Las pocas empresas públicas que habían destacado como líderes en la innovación tecnológica abandonaron muchos de sus proyectos de investigación

<sup>131</sup> Marcel Antonorsi-Blanco e Ignacio Ávalos 1980.

<sup>132</sup> Véase: Secretaría de la Conferencia sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo 1979; y Francisco Sagasti 1980a: 137-154.

tecnológica y desarrollo experimental, así como sus planes de renovación de maquinaria y equipo, mientras que los profesionales vinculados a la gestión tecnológica dejaron sus empresas y muchos de ellos emigraron fuera de la región. La abrupta liberalización comercial y financiera hizo que desaparecieran muchas empresas orientadas hacia el mercado interno, y que se perdieran las capacidades tecnológicas adquiridas con gran esfuerzo. Además, se estimuló la importación de maquinaria, equipo y tecnología con escasa o nula vinculación a las capacidades tecnológicas locales.

Como respuesta a la crisis económica, surgió lo que se denominó el Consenso de Washington, que codificó las respuestas de política ensayadas en varios países de la región para detener el deterioro económico, mejorar la gestión macroeconómica y retomar la senda del crecimiento.<sup>133</sup> El Consenso de Washington se transformó en un conjunto de recomendaciones de los organismos multilaterales sobre el manejo de variables económicas clave, tales como el gasto público, el déficit fiscal, las tasas de interés y el tipo de cambio; sobre la necesidad de realizar reformas en los sistemas tributarios y las políticas comerciales; y sobre la conveniencia de promover la inversión extranjera, privatizar los activos del Estado y liberalizar la economía. Estas recomendaciones de política fueron adoptadas por la mayoría de países latinoamericanos hacia fines del decenio de 1980 y durante el de 1990.

El Consenso de Washington no prestó atención a la ciencia, tecnología e innovación, y la reducción del gasto público y de la intervención estatal en la promoción del crecimiento económico llevó, en algunos casos, al desmantelamiento de las capacidades científicas y tecnológicas acumuladas a lo largo de dos o tres decenios.<sup>134</sup> En el caso peruano, la interpretación extrema y desvirtuada de las políticas contenidas en el Consenso de Washington llevó al cierre de varios institutos públicos de investigación, a una reducción significativa de las asignaciones presupuestales para ciencia, tecnología y educación superior, y a minimizar el papel que la ciencia, la tecnología y la innovación juegan en el desarrollo.

Las consecuencias de este enfoque fueron planteadas claramente por Simón Teitel, uno de los asesores del presidente del BID:

El proceso de ajuste económico [...] en América Latina ha involucrado cortes drásticos en el gasto público y ha sido severo para los sectores sociales tales como educación, y para la asignación de recursos para ciencia y tecnología. [...]

El problema es muy serio. Al reducir las inversiones en recursos humanos, deshacer procesos de aprendizaje, y desmantelar equipos de investigación, las reducciones actuales

<sup>133</sup> John Williamson 1990; y José Fanelli, Roberto Frenkel y Guillermo Rozenwurcel 1992.

<sup>134</sup> Jorge Sábato solía decir que "toma quince años crear una institución científica de primer nivel, pero sólo dos destruirla", lo que ha llevado a comparar la creación y consolidación de capacidades de ciencia y tecnología con la tarea del mítico titán Sísifo.

de financiamiento resultarán en una menor capacidad científica y tecnológica en los años venideros. [...] Parece paradójico que mientras muchos en nuestros países quisieran ver a la ciencia y la tecnología ayudando a resolver la crisis de la deuda, los recortes presupuestales son particularmente severos en estos campos.<sup>135</sup>

Las reducciones en las asignaciones gubernamentales para ciencia y tecnología, el deterioro de la infraestructura tecnológica, la aceleración de los avances científicos en los países de altos ingresos, y el encarecimiento de los costos de la investigación científica y tecnológica ampliaron la brecha de conocimientos entre los países de altos ingresos y los de América Latina. Esto se vio agravado por la emigración de científicos, ingenieros y técnicos calificados, que perdieron sus puestos de trabajo al reducirse los presupuestos de ciencia y tecnología, al privatizarse empresas públicas que habían jugado un papel importante en la creación de capacidades tecnológicas, y al desaparecer muchas empresas medianas que habían desarrollado sus propias capacidades de investigación y adaptación tecnológicas. Todo esto representó un duro golpe para los esfuerzos por consolidar las capacidades de ciencia, tecnología e innovación en la región. Por último, las medidas de liberalización económica pusieron de relieve el papel que juegan las empresas —principalmente privadas— en la selección e importación de tecnología y en el proceso de innovación.

No obstante, el decenio de 1980 fue también testigo de intentos por renovar y actualizar el pensamiento sobre el papel que juegan la ciencia, la tecnología y la innovación en el desarrollo, y la forma en que se vinculan al contexto económico y social, muchas de estas ideas vinculadas a la convergencia entre la perspectiva científica y tecnológica y la perspectiva estructuralista reseñadas anteriormente, en el marco de lo que algunos estudiosos denominaron el pensamiento "neoestructuralista" asociado a la CEPAL.

Aldo Ferrer señaló con claridad los desafíos de América Latina como resultado de la década perdida: "Los avances en la electrónica y la informática, la biotecnología, las comunicaciones y el espacio, los nuevos materiales, la física nuclear y subatómica, abren nuevas vías de crecimiento en los centros industriales y transforman sus relaciones internacionales. La América Latina y el Caribe, atrapados en la crisis más profunda y prolongada de su historia contemporánea, enfrentan estos nuevos desafíos en una situación extremadamente vulnerable". Para Ferrer era necesario un "enfoque sistémico, endógeno y abierto del cambio estructural y de la incorporación de conocimientos", que planteaba tres exigencias básicas: darle la misma importancia a la capacidad de absorción de conocimientos que a la creación y transferencia de tecnología; crear un ambiente de libertad y seguridad para desplegar la creatividad de las empresas y las personas; y promover la acumulación sistémica y endógena de

capacidades tecnológicas en las empresas nacionales, tanto privadas como públicas, que juegan un papel esencial e insustituible en el proceso de desarrollo.<sup>136</sup>

También es preciso reconocer que un proteccionismo excesivo durante los decenios de 1950 a 1970 hizo que muchos empresarios se acostumbraran a evitar la competencia basada en la reducción de precios y la mejora de la calidad de los productos —que requieren de innovaciones tecnológicas— y eligieran competir en un mercado protegido sobre la base de la publicidad, el mercadeo, el acceso al crédito preferencial y la obtención de beneficios gubernamentales; es decir, se acostumbraron a formas de competencia que exigen poco o ningún esfuerzo tecnológico. Esto cambió cuando los procesos de liberalización comercial hicieron imperativo aumentar la productividad y mejorar la competitividad del sector productivo en América Latina.

### *Transformación productiva con equidad y paradigmas tecnoeconómicos*

Dos conjuntos de ideas vinculadas a la creación de capacidades en ciencia, tecnología e innovación emergieron durante la segunda mitad del decenio de 1980 en la región para articular las respuestas a la crisis: los planteamientos asociados al informe *Transformación productiva con equidad*, preparado en la CEPAL bajo la dirección de Fernando Fajnzylber, y aquellos relacionados con la transición de paradigma tecnoeconómico, propuestos por Carlota Pérez. Si bien tienen orientaciones y énfasis diferentes, ambos conjuntos de planteamientos muestran que existen opciones para superar tanto las inequidades que afectan a la región como las limitaciones del modelo económico primario exportador.

Fajnzylber examinó la relación entre crecimiento y equidad en América Latina, mostrando que ninguno de los países en la región había logrado mantener altas tasas de crecimiento en el ingreso por habitante y niveles elevados de equidad durante el período 1965-1985. Señaló que había un "casillero vacío" en la tabla que ubicaba a los países de la región considerando estas dos variables:

[...] algunos [países] han mostrado un alto grado de dinamismo asociado con una fuerte desintegración socioeconómica expresado por una distribución del ingreso particularmente desigual. Otros han logrado un nivel bajo pero relativamente aceptable de equidad, mientras que presentan la característica común del estancamiento. Un tercer grupo de países presenta una falta de dinamismo e insuficiente integración socioeconómica. El casillero que contiene países con dinamismo y equidad estaba vacío.

Fajnzylber examinó las condiciones para transitar desde uno de los otros casilleros hacia el casillero vacío, mostrando que se requería una serie de cambios que

135 Simón Teitel 1987: 29.

136 Aldo Ferrer 1989: 26, 41-43.

no eran posibles de lograr cuando “la competitividad se logra a costa de pagar salarios bajos y los recursos generados se usan para el consumo o se transfieren al exterior en vez de canalizarse hacia la incorporación de progreso tecnológico a través de la inversión”.<sup>137</sup>

El informe *Transformación productiva con equidad* explicó la diferencia entre competitividad espuria y competitividad auténtica o sistémica en los siguientes términos:<sup>138</sup>

[...] en la medida en que la competitividad internacional se alcance a expensas de las remuneraciones laborales, su efecto en la estructura distributiva será regresivo. Si por añadidura, los recursos generados en la fase inicial del auge exportador, en lugar de encauzarse hacia la incorporación de progreso técnico por la vía de la inversión, se desplazan hacia el consumo o hacia el exterior, no sólo la equidad, sino que tarde o temprano la propia competitividad se verá erosionada a causa de la pérdida de importancia de la mano de obra como fuente de competitividad en los nuevos procesos productivos. Se trata en este caso de una forma espuria de competitividad, que no debe confundirse con la competitividad auténtica, que se deriva de la incorporación del progreso tecnológico.

El informe no excluye la posibilidad de que “algunas exportaciones basadas en el bajo costo de la mano de obra constituyan la etapa inicial de un proceso de creación de competitividad auténtica”, pero para transitar hacia esta última se requieren mejoras en educación, nutrición, salud y capacitación laboral, además de inversiones en ciencia, tecnología e innovación. La competitividad espuria puede basarse también en la sobreexplotación de recursos naturales, cuya propiedad y beneficios se concentran en pequeños grupos de la población, inversionistas extranjeros o empresas públicas. Para avanzar hacia la competitividad auténtica que conduce hacia el crecimiento con equidad es preciso adoptar una estrategia y una serie de políticas vinculadas a la transformación de la agricultura, a una distribución pareja del acceso a la propiedad y la creación de empresas medianas y pequeñas con altos niveles de productividad. También son necesarios un mayor nivel de calificación de la mano de obra, la propagación de la lógica industrial al conjunto de la sociedad, y que las finanzas públicas jueguen un importante papel redistributivo.

Paralelamente a los trabajos que llevaron al informe *Transformación productiva con equidad*, como parte de una iniciativa conjunta entre la CEPAL y la ONUDI, Ricardo Ffrench Davis sugirió una serie de políticas para construir ventajas comparativas dinámicas en el sector productivo.<sup>139</sup> Entre ellas se encuentran: la provisión de infraestructura pública (agua, energía, carreteras, puertos, telecomunicaciones), políticas

<sup>137</sup> Fernando Fajnzylber 1991: 2, 6-7, 19.

<sup>138</sup> Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 1990: 80. Véase también: Fernando Fajnzylber 1990b: 85-129; y 1990a; y Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - UNESCO 1992.

<sup>139</sup> Ricardo Ffrench-Davis 1990.

sociales para mejorar la productividad del trabajo y la capacidad de aprender (salud pública, educación capacitación técnica), políticas públicas para crear y consolidar la infraestructura científica y tecnológica y para la investigación y desarrollo tecnológicos, y políticas públicas que afectan la estructura de la demanda (compras estatales, políticas sociales distributivas, provisión de bienes públicos y acuerdos comerciales). En un trabajo posterior realizado para la CEPAL, Ffrench-Davis señaló que para generar crecimiento económico con equidad “se requiere ‘difundir’ productividad a través de la sociedad”. A su vez, esto demanda, no sólo un entorno económico estable, sino un liderazgo exportador, un sólido sistema financiero interno y políticas de desarrollo productivo para contrarrestar el “triple shock” —reducciones arancelarias, apreciación cambiaria y altas tasas de interés— que siguió al desmantelamiento de la estrategia de sustitución de importaciones.<sup>140</sup>

Por otra parte, tomando como base las ideas derivadas de la noción de “ciclos largos” de cambio técnico y productividad desarrolladas conjuntamente con Christopher Freeman, en una serie de trabajos a partir de mediados del decenio de 1980 Carlota Pérez introdujo y desarrolló el concepto de “paradigma tecnoeconómico” para apreciar la evolución histórica de las trayectorias tecnológicas de diversos sectores productivos. Mostró que estas trayectorias seguían un proceso similar a lo largo del tiempo, que estaban asociadas con cambios institucionales en la organización de la producción y sus actividades conexas, y que abrían o cerraban oportunidades para insertarse en la división del trabajo que acompañaba el despliegue de determinado paradigma.<sup>141</sup>

De acuerdo a Pérez, un paradigma tecnoeconómico consiste en una constelación de innovaciones tecnológicas y de ramas productivas de rápido crecimiento, vinculadas a un “factor clave” que organiza y articula el proceso de selección económica entre la gama de posibilidades tecnológicas, y que termina por afectar las condiciones de producción y distribución de casi todas las ramas de la economía. Cada uno de estos paradigmas propone una nueva manera de estructurar el mundo de la producción industrial que se diferencia claramente de la del paradigma anterior, y también da lugar a diferentes concepciones del “sentido común” gerencial acerca de las actividades productivas y de la forma de organizarlas. El surgimiento y difusión de un paradigma tecnoeconómico toman un tiempo relativamente largo, y es el resultado de un juego recíproco y complejo de fuerzas tecnológicas, económicas y políticas. Además, cada uno de los paradigmas tecnoeconómicos involucra, no sólo un conjunto de innovaciones tecnológicas y actividades productivas interrelacionadas, sino también innovaciones institucionales y nuevas políticas gubernamentales.<sup>142</sup>

<sup>140</sup> Ricardo Ffrench-Davis 1996.

<sup>141</sup> Véase: Carlota Pérez y Christopher Freeman 1988: 38-66; Carlota Pérez 1983: 103-109; 1985a: 441-463; 1985b: 36-39; 1990; y 1996: 347-363.

<sup>142</sup> Carlota Pérez 1992: 23-64.

Pérez plantea que durante el último tercio del siglo 20 la transición del paradigma tecnoeconómico basado en el petróleo como factor clave al paradigma en el que el microchip es el factor clave tiene una serie de implicancias para el diseño de las estrategias y políticas gubernamentales y empresariales, y abre una "doble ventana oportunidad tecnológica" que es posible aprovechar ventajosamente:

En períodos de transición se obtendría acceso a dos tipos de conocimiento para emprender procesos de adelantamiento tecnológico. Por una parte, toda una gama de tecnologías específicas han alcanzado la madurez y están disponibles para los rezagados. Por otra parte, se generaliza cada vez más el acceso a las nuevas tecnologías genéricas —en este caso particular, las tecnologías de la información y el modelo japonés de gestión. Estas tecnologías genéricas proporcionan los medios para revitalizar tecnologías maduras, para mejorar la productividad de empresas ineficientes y para facilitar la adopción de nuevas tecnologías.

Esta doble oportunidad tecnológica explica los ejemplos históricos de países que han dado saltos y se han adelantado como el caso reciente de Corea, y constituye la base al menos de un moderado optimismo en relación a lo que pueda lograrse en otros países en desarrollo.<sup>143</sup>

Sin embargo, aprovechar estas oportunidades no es algo fácil. Requiere de una serie de políticas e iniciativas complejas, y de cambios institucionales mayores para superar las maneras de pensar y actuar del pasado. Entre otras cosas, es preciso eliminar los obstáculos y muletas para la transformación productiva y tecnológica, incluidos las medidas proteccionistas y los subsidios a la exportación; proveer los recursos facilitadores del cambio, en particular el financiamiento para nuevos emprendimientos; contar con los recursos humanos adecuados, lo que exige nuevos métodos de capacitación laboral y educación continua; y tener acceso a la infraestructura de apoyo necesaria para la innovación, y en particular a los servicios de telecomunicaciones, control de calidad y normalización, diseño y laboratorios de investigación tecnológica.

Pérez continuó desarrollando sus planteamientos y propuestas de política asociados al concepto de paradigma tecnoeconómico, vinculándolos con las reformas institucionales necesarias para aprovechar las oportunidades que presentan las transiciones de uno a otro paradigma. En particular, desarrolló una interpretación de la dinámica entre los ciclos de difusión de los avances tecnológicos y el funcionamiento del sistema financiero, mostrando cómo el cambio tecnológico está plenamente imbricado en la aparición de burbujas financieras que aceleran el proceso schumpeteriano de "destrucción creativa".<sup>144</sup>

### 5.3.2 Factores que condicionan el desarrollo de capacidades en ciencia y tecnología

Un segundo conjunto de planteamientos que ha caracterizado al pensamiento latinoamericano en la política científica y tecnológica se refiere a los factores que condicionan el desarrollo de capacidades científicas, tecnológicas y de innovación. Entre ellos es posible identificar: la oferta y la demanda de conocimientos y tecnología; la comunidad científica y el papel de las universidades; la transferencia de tecnología; la selección de tecnología apropiada; las políticas sectoriales y el financiamiento; y el comportamiento tecnológico empresarial.

#### *Oferta y demanda de ciencia y tecnología: el "triángulo de Sábato"*

Las interrelaciones entre la oferta y la demanda de ciencia y tecnología fueron una preocupación a partir del decenio de 1960 en los estudios sobre política científica y tecnológica. Este tema surgió en parte como reacción a lo que se percibía como un énfasis excesivo en la investigación y la producción científicas, que no necesariamente llevarían a producir conocimientos y tecnologías útiles en el contexto económico y social de la región, y a los planteamientos centrados sólo en "política científica" del decenio de 1950. En forma adicional, la mayor atención a la demanda se relacionó con la preocupación por vincular el incipiente desarrollo industrial a las fuentes locales de tecnología, a fin de evitar una dependencia excesiva de la importación de tecnología.

El planteamiento inicial más difundido sobre las interacciones entre políticas públicas, actividades productivas y capacidad científica y tecnológica fue propuesto por el físico argentino Jorge Sábato, uno de los pioneros y visionarios más importantes de la región en temas de ciencia, tecnología e innovación.<sup>145</sup> Al definir lo que luego se llamó el "triángulo de Sábato", sostuvo que:

Enfocada como un proceso político consciente, la acción de insertar la ciencia y la tecnología en la trama misma del desarrollo significa saber dónde y cómo innovar. La experiencia histórica demuestra que este proceso político constituye el resultado de la acción múltiple y coordinada de tres elementos fundamentales en el desarrollo de las sociedades contemporáneas: el gobierno, la estructura productiva y la infraestructura científico-tecnológica. Podemos imaginar que entre estos tres elementos se establece un sistema de relaciones que se representaría por la figura geométrica de un triángulo, en donde cada uno de ellos ocupa los vértices respectivos. (Énfasis en el original)<sup>146</sup>

<sup>143</sup> Jorge Sábato fue uno de los grandes pioneros e impulsores del pensamiento y la práctica de la política científica y tecnológica en América Latina. Su abundante y variada producción intelectual, el impacto de sus actividades en campos tales como la energía atómica y la metalurgia, y su continuo esfuerzo por formar nuevas generaciones, lo ubican en un sitio especial en la historia de la política científica, tecnológica y de innovación en la región. Véase: Francisco Sagasti 1973: 404-406.

<sup>144</sup> Jorge Sábato 2004: 42. Como ejemplo de una de las numerosas elaboraciones de las ideas sobre el "triángulo de Sábato", véase: Asdrúbal Flores 1987: 17-35.

<sup>143</sup> Carlota Pérez 1992: 23 y 2000.

<sup>144</sup> Carlota Pérez 2004.

Sábato identificó en detalle los componentes de cada uno de los vértices del triángulo investigación-empresa-gobierno, señalando que el vértice de infraestructura científico-tecnológica comprende a una amplia gama de instituciones que forman recursos humanos, y que generan conocimiento mediante la investigación científica y tecnológica; el vértice empresa abarca a las empresas privadas que utilizan el conocimiento y lo transforman en innovaciones, así como las empresas estatales que desde otra perspectiva estarían ubicadas en el ámbito del gobierno; y el vértice gobierno comprende a las instituciones que tienen como objetivo formular políticas y movilizar recursos de y hacia los vértices de la estructura productiva y de la infraestructura científico-tecnológica. Nótese que Sábato se refiere explícitamente a "dónde y cómo innovar", adelantándose a la incorporación de la innovación como elemento articulador de la movilización del conocimiento para el desarrollo.

En trabajos posteriores Sábato se refirió a los laboratorios de investigación y desarrollo, particularmente en los sectores industriales y agropecuarios como las "fábricas de tecnología" cuyas actividades deben gestionarse y planificarse como las de cualquier otra actividad productiva:<sup>147</sup>

[...] ni toda la tecnología deriva de la investigación científico-técnica ni todos los resultados de la investigación se transforman en tecnología, [si bien] cada vez más el conocimiento científico-tecnológico es el insumo más importante de un número creciente de tecnologías. La producción "artesanal" de una dada tecnología se convierte en "producción industrial" en la medida que aumente en ella la cantidad de conocimientos científicos. [...] la producción de mercancías se realiza en fábricas o talleres. Y bien: lo mismo ocurre con la tecnología, con la única diferencia de que las fábricas o talleres de tecnología se llaman "laboratorios de investigación y desarrollo", o "departamento de ID", o "centros de ID" o nombres similares en los que siempre figura al menos la palabra "investigación". Son *verdaderas fábricas* —y así debieran llamarse, para evitar confusiones— porque su objetivo es producir una mercancía: Tecnología [...] Las empresas y fábricas de tecnología tienen una preocupación fundamental: procesar conocimiento para producir tecnología. (*Énfasis en el original*)<sup>148</sup>

Otro ejemplo ilustrativo de la manera en que se conceptualizaron las relaciones entre oferta y demanda de ciencia y tecnología es el trabajo de Alberto Aráoz y Carlos Martínez Vidal, que expresó la preocupación por reorientar la demanda de tecnología del sector productivo hacia fuentes locales:

La ciencia nacional [en América Latina] es un factor cuya importancia potencial es muy grande pero subutilizada. Las instituciones existentes reciben poca demanda por parte de las actividades productivas, y esta demanda se dirige principalmente a servicios técnicos, en su mayor parte de tipo rutinario. La industria utiliza la infraestructura científico técnica nacional para resolver sus problemas de calidad y otros englobados

<sup>147</sup> Jorge Sábato 1972: 10-57.

en la expresión *trouble-shooting*, que comprende servicios de asistencia técnica dirigidos principalmente a mantener la eficiencia de la tecnología utilizada, más bien que a mejorarla. Pocas veces le solicita trabajos que impliquen I y D y raramente recurre a la ciencia nacional para la creación de tecnología.<sup>149</sup>

Aráoz y Martínez Vidal planteaban que es necesario prestar atención al proceso de desarrollo tecnológico que conduce a innovaciones cuyo resultado final es la "producción de algo nuevo en escala comercial". Para esto es necesario "examinar la factibilidad económica de la innovación, realizar estudios de producción y de mercado, montar la red de proveedores de componentes y partes, construir la fábrica y hacerla funcionar, y organizar la distribución al mercado". A partir de estas consideraciones concluyen que "no es suficiente llevar a cabo una acción que se limite a reforzar la ciencia nacional y a mejorar su calidad. Es necesario también *aumentar la demanda de ciencia nacional*" (*su énfasis*). Aráoz y Martínez Vidal identificaron una serie de obstáculos estructurales, actitudinales y económicos que inhiben la demanda de conocimientos y tecnología producidos localmente por parte de la industria, y plantearon medidas de política para superarlos.

La escasez de demanda por actividades científicas y tecnológicas domésticas fue una preocupación recurrente en la región. Como ejemplo adicional podemos citar a Marcelo Alonso, director del Departamento de Ciencia y Tecnología de la OEA, quien planteó el problema en estos términos: "El esfuerzo tecnológico es inútil si no es incorporado al sector productivo constituyendo lo que se denomina una innovación técnica, pero se constata que en nuestros países hay una demanda insignificante por tal esfuerzo tecnológico, lo cual a su vez influye para que nuestra ciencia sea, en general mediocre". Alonso exhortó a los investigadores a identificar requerimientos tecnológicos, analizar las opciones disponibles para resolverlos, y adaptarlas a las condiciones locales.<sup>150</sup>

La consultoría y la ingeniería de diseño fueron consideradas como uno de los principales vínculos entre demanda y oferta de conocimientos y tecnología. De acuerdo a Alberto Aráoz, éstas son "actividades de naturaleza intelectual, que organizan y aplican conocimiento para propósitos relacionados con la inversión y la producción". Los servicios de consultoría abarcan los estudios de preinversión, tanto de prefactibilidad como de factibilidad; la coordinación, control y supervisión de la ejecución de proyectos; y los servicios provistos a los clientes referidos a la operación y el mantenimiento de instalaciones productivas. La ingeniería de diseño incluye servicios tales como ingeniería básica y detallada, diseño de productos y

<sup>148</sup> Alberto Aráoz y Carlos Martínez Vidal 1974: 80.

<sup>149</sup> Marcelo Alonso 1978: 75-78.

otras actividades de diseño.<sup>150</sup> Mario Kamenetzky puso énfasis en la importancia de los estudios de preinversión y en la manera en que podían desagregar el "paquete" de tecnología importada, con el fin de identificar componentes que podrían ser provistos localmente, y así vincular la demanda y la generación doméstica de conocimiento y tecnología.<sup>151</sup> Asimismo, un estudio promovido por el Instituto para la Integración de América Latina (INTAL) del BID, y llevado a cabo por la Federación Latinoamericana de Asociaciones de Consultores (FELAC), examinó la situación de los servicios de consultoría en los países de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), con el objetivo de ampliar el ámbito de acción de las empresas nacionales de consultoría, de tal forma de avanzar hacia un mercado regional para este tipo de servicios.<sup>152</sup>

Un enfoque diferente para promover la demanda de actividades de investigación científica y tecnológica fue adoptado por el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y Normas Técnicas (ITINTEC) en el Perú, el cual hizo uso de los recursos provenientes de las empresas que, de acuerdo a la ley general de industrias promulgada en 1970, debían dedicar el 2% de sus utilidades netas anuales a proyectos de investigación tecnológica. Durante sus primeros diez años de existencia, el ITINTEC se constituyó en una institución que abarcó todos los aspectos de política tecnológica industrial: la promoción, ejecución y supervisión de proyectos de investigación tecnológica, la preparación de normas técnicas nacionales, la mejora del control de calidad, la provisión de información y capacitación, y el registro de la propiedad intelectual y los contratos de licencia.

El ITINTEC supervisaba los proyectos presentados por empresas que, luego de aprobados, permitían que ellas mismas hicieran uso del 2% de su renta neta que la ley les obligaba a invertir en actividades de investigación tecnológica. En caso de que la empresa no presentara un proyecto, o que este no fuera aprobado, los recursos correspondientes al 2% se entregaban al ITINTEC para financiar los proyectos de investigación de esta institución, la mayoría de los cuales se realizaba mediante contratos con universidades y centros de investigación. De esta manera se creó una "demanda inducida" que a lo largo de varios años, acostumbró a los empresarios a preparar propuestas de investigación con el fin de evitar transferir el 2% de sus utilidades al ITINTEC. Por ejemplo, en 1974 las empresas presentaron 160 propuestas de proyecto, 89 de las cuales fueron aprobadas. Hacia principios del decenio de 1980 el ITINTEC había logrado tener una cartera de más de 200 proyectos de investigación tecnológica en marcha, pero durante ese decenio fue perdiendo importancia gradualmente, hasta que fue clausurado en 1992.<sup>153</sup>

<sup>150</sup> Alberto Aráoz 1981: 9.

<sup>151</sup> Mario Kamenetzky 1979: 43-56.

<sup>152</sup> Convenio Federación Latinoamericana de Asociaciones de Consultores (FELAC) - Instituto para la Integración de América Latina (INTAL) 1984.

<sup>153</sup> Francisco Sagasti 1975a: 867-876; Isaías Flit, Gustavo Flores y Francisco Sagasti 1976: 4-19.

El tema de vinculación entre las instituciones de investigación universitarias y públicas por un lado y las empresas por otro, ha estado permanentemente en la agenda de política científica y tecnológica de la región durante los últimos decenios. Una serie de textos editados bajo la dirección de Mario Waissbluth a principios del decenio de 1990 resumió el estado del arte en ese momento, y demostró que existían numerosos instrumentos de política para promover la asociatividad entre las universidades y el sector productivo.<sup>154</sup> Una posterior revisión de las experiencias mundiales de vinculación de la investigación con la producción permitió a Waissbluth identificar los factores que contribuían al éxito de estas iniciativas, entre los que mencionó la importancia de establecer "redes de relaciones personales entre los distintos actores del proceso". Además de la existencia de un marco regulatorio y de incentivos monetarios para estimular a los investigadores a vincularse a las empresas, y para motivar a las empresas a acercarse a las universidades y centros de investigación, esto lo llevó a destacar factores tales como el talento gerencial y la capacidad de liderazgo. Waissbluth examinó también las razones por las cuales las empresas tendrían interés en estos vínculos, y llegó a la conclusión de que los mecanismos institucionales más efectivos eran la creación de oficinas centralizadas de transferencia de tecnología en las universidades, los programas de afiliación industrial que daban ventanas de acceso a lo que ocurre en el mundo de la ciencia, los programas cooperativos de educación continua, las incubadoras de empresas, y los centros conjuntos coadministrados entre las universidades y las empresas.<sup>155</sup>

### *Comunidad científica y el papel de las universidades*

El papel de los recursos humanos y de la comunidad de investigadores figuró, entre los factores examinados, como uno de los principales condicionantes de la creación de capacidades en ciencia y tecnología en la región. Por ejemplo, la creación del CONICET de Argentina en 1958, bajo la presidencia del Premio Nobel Bernardo Houssay, destacó la importancia de formar investigadores de alto nivel y darles una cierta estabilidad económica. Además de otorgar becas, premios y subvenciones para la investigación, el CONICET estableció la "carrera del investigador", a la cual se accede por concurso de méritos, y que a lo largo de más de cuatro decenios prestó apoyo a miles de investigadores argentinos.<sup>156</sup> Programas similares fueron establecidos en México y Brasil años más tarde. Asimismo, en varios países de la región se dio impulso a los programas de posgrado en ciencias e ingenierías, frecuentemente con el apoyo del BID que, como se indicó anteriormente, otorgó préstamos y donaciones para la educación superior desde sus inicios en 1959.

<sup>154</sup> Mario Waissbluth 1990.

<sup>155</sup> Mario Waissbluth 1994: 387-409.

<sup>156</sup> Héctor Clapuscio 1985: 101-106.

Hacia fines del decenio de 1960 Víctor Urquidí y Adrián Lajous reunieron varios trabajos que examinaban la relación entre educación superior, investigación científica y tecnológica en México,<sup>157</sup> mientras que los primeros estudios sobre el “potencial científico y tecnológico”, auspiciados por el Departamento de Asuntos Científicos de la OEA, pusieron énfasis en la formación de investigadores y en aumentar la disponibilidad de recursos humanos altamente calificados.<sup>158</sup> Enrique Oteiza realizó varios estudios sobre la emigración de recursos humanos altamente calificados, lo que se denominó la “fuga de cerebros”, examinando los determinantes económicos, profesionales y políticos de la decisión de los investigadores de dejar su país de origen.<sup>159</sup>

Un influyente estudio de Simón Schwartzman sobre la formación de la comunidad científica en Brasil destacó el hecho de que “la ciencia es, por encima de todo, una comunidad de personas bien formadas, trabajando con entusiasmo en la cúspide de sus inteligencias y creatividades. El resultado de este trabajo — artículos, informaciones, aplicaciones tecnológicas, datos— no es más que la punta de un iceberg de valor precario, temporal y que no tiene cómo sustentarse sin la base que le da existencia, es decir las personas que lo producen”.<sup>160</sup> En un trabajo posterior, Schwartzman indicó también que los investigadores y las instituciones científicas deben mantener un precario equilibrio entre una posición pragmática, que explica y justifica la actividad científica en función de sus efectos económicos y tecnológicos, y otra posición que equipara a la ciencia con una noble actividad cultural y con la búsqueda libre de conocimientos.<sup>161</sup>

Debido a que la mayor parte de científicos e investigadores se encontraba en las universidades de la región, la influencia de las autoridades universitarias en la formulación de políticas de ciencia y tecnología fue considerable durante los decenios de 1950-1970. Por ejemplo, de acuerdo a un informe de la Universidad de Chile: “Es indudable que la universidad constituye, de hecho, la columna vertebral del sistema científico y tecnológico en los países de América Latina en general, y en Chile en particular, pues en ellas se concentra una proporción importante tanto de los científicos como de los equipos, instalaciones y recursos financieros destinados a investigación”.<sup>162</sup> Fernando Monckeberg examinó el papel de la investigación científica y tecnológica chilena, concentrada principalmente en las universidades, llegó a la conclusión de que “adolece de graves deficiencias, lo que constituye un

serio obstáculo para el desarrollo económico”, y abogó por un plan de urgencia para la formación de recursos humanos altamente calificados.<sup>163</sup>

Las relaciones entre enseñanza e investigación en la universidad latinoamericana fueron materia de estudio durante el decenio de 1970. Autores tales como Amílcar Herrera, Darcy Ribeiro y Oscar Varsavsky pusieron énfasis en la necesidad de que la universidad fuera no sólo un centro de enseñanza superior, sino un espacio de creación científica y cultural, y que tuviera la capacidad de reflexionar críticamente sobre la realidad nacional y hacer propuestas a la sociedad.<sup>164</sup> Héctor Ciapuscio profundizó en este tema, arguyendo que “el problema de la ubicación de las actividades de investigación conectadas al desarrollo científico-tecnológico de un país tiene respuestas diferentes de acuerdo, en primer lugar, a la estructura económica de las sociedades nacionales”. Anticipó, además, los problemas que traería el crecimiento acelerado del número de estudiantes de educación superior: “los problemas complejos que tienen ya nuestras universidades —y que se agravarán rápidamente con la explosión de la matrícula universitaria y la radicalización ideológica— harán cada vez más difícil su participación institucional en el desarrollo científico-tecnológico nacional”.<sup>165</sup>

Con un enfoque diferente, Joaquín Cordua destacó el papel de las universidades chilenas en la transferencia de tecnología, ya que “por la naturaleza de su función, se han preocupado de problemas a plazos medios y largos, de los que no se ocupan otras instituciones”. Cordua indicó, además, que “la preocupación inicial por los problemas asociados a la importación de conocimiento y, más en general, al desarrollo científico y tecnológico, se inició en las universidades [...] [y que] es probable que por muchos años las universidades chilenas conserven una participación importante en las diversas fases del proceso de transferencia”.<sup>166</sup> Un estudio de José Joaquín Brunner examinó las opciones de desarrollo de la universidad latinoamericana, particularmente en el proceso de cambio que había experimentado al masificarse la educación superior, mostrando los dilemas y conflictos que planteaban la adopción de valores tales como excelencia académica versus compromiso social, libertad de enseñanza e investigación versus contribución al desarrollo y la seguridad nacional, y autonomía de gestión versus responsabilidad y rendición de cuentas a la sociedad.<sup>167</sup>

Con una perspectiva más amplia, otro trabajo de José Joaquín Brunner examinó los antecedentes históricos de las universidades en la región, mostrando como su evolución a lo largo de siglos condicionó la manera que desempeñaron actividades

157. Víctor Urquidí y Adrián Lajous Vargas 1969. Víctor Urquidí hizo también otras contribuciones sobre este tema; véase: Víctor Urquidí 1974: 327-341.

158. Véase, por ejemplo, Fernando Chaparro 1971.

159. Enrique Oteiza 1965: 6-10; y 1971: 429-454.

160. Simón Schwartzman 1979: 2.

161. Simón Schwartzman 1991: 7.

162. Universidad de Chile 1972: 85.

163. Fernando Monckeberg 1974: 109 y 193.

164. Amílcar Herrera 1970; Darcy Ribeiro 1973b; Oscar Varsavsky 1972.

165. Héctor Ciapuscio 1975: 268-270.

166. Joaquín Cordua 1976: 34-44.

167. José Joaquín Brunner 1985: 83-101.

científicas y tecnológicas. Además de reseñar la creación de universidades durante la época colonial y su carácter fundamentalmente escolástico, describió la crisis que vivieron durante el siglo 19 y el proceso de transformación acelerado que se inició a principios del siglo 20 con el movimiento de Córdoba en 1918. Este movimiento dio origen a lo que Brunner llamó el "ciclo heroico" de la reforma universitaria en América Latina, el cual se agotaría a mediados del siglo 20 con la masificación y diferenciación de las instituciones de educación superior. De acuerdo a Brunner: "entre 1950 y 1975 se configuran en América Latina los actuales sistemas nacionales de educación superior ... sistemas altamente diferenciados que a través de establecimientos muy diversos entre sí —de carácter universitario y no universitario— ofrecen servicios masivos de enseñanza superior y, a través de algunas de sus unidades, desarrollan además funciones de producción de conocimiento mediante la investigación y el estudio erudito".<sup>168</sup> Cabe destacar, que Brasil careció de universidades durante todo el período colonial, contando sólo con facultades aisladas, de tal manera que las primeras universidades se crearon durante el decenio de 1920. Esto hizo que el sistema de educación superior de Brasil tuviera un carácter muy diferente al del resto de la región, y que no estuviera condicionado por tradiciones históricas en la misma medida que otros países de la región.

Brunner describió la situación de la investigación universitaria al iniciarse el decenio de 1990 en los siguientes términos:

[...] las universidades latinoamericanas carecen de una bien asentada tradición investigativa. Inicialmente la poca investigación que se realizaba en América Latina tendía a concentrarse en algunos museos, observatorios, en centros de investigación agrícola y en las mejores escuelas de medicina de la región. Las universidades, por su lado, tendieron a desarrollarse históricamente en torno a la enseñanza de las profesiones impartidas por las escuelas y facultades, y más contemporáneamente, la enseñanza superior se expandió a un conjunto heterogéneo de establecimientos postsecundarios que no se han propuesto ni podrían proponerse realizar investigación.

La investigación científica fue incorporándose a algunas universidades, habitualmente a las públicas tradicionales y a algunas privadas de primera y segunda ola, a través del esfuerzo individual de catedráticos que se dedicaron al campo científico. Asimismo, algunos laboratorios y centros experimentales en las escuelas de medicina y de agronomía fueron creando posiciones y posibilidades para una mayor profesionalización de pequeños núcleos de investigadores.<sup>169</sup>

Pese a estas limitaciones, la información estadística analizada por Brunner muestra que en el decenio de 1990: "los sistemas nacionales de educación superior se hacen cargo de una proporción significativa de las actividades locales de investigación

<sup>168</sup> José Joaquín Brunner 1990: 33.

<sup>169</sup> José Joaquín Brunner 1990: 78-80. El trabajo de Brunner contiene una extensa bibliografía, en la que destacan las contribuciones de Simón Schwartzman, Hebe Vessuri, Germán Rama y Edmundo Fuenzalida.

y desarrollo", pero que estas se concentran en un pequeño número de instituciones dentro de cada país, "las cuales, habitualmente, obtienen la mayor parte de los recursos de investigación, compiten exitosamente con sus proyectos, y producen una proporción significativa de las publicaciones".<sup>170</sup>

La creación de institutos de investigación del sector público en casi todos los países de la región, particularmente en los rubros de agricultura, industria y salud, llevaría a una discusión sobre el peso relativo que debería dársele a la universidad y a estos institutos en el desarrollo de capacidades de investigación científica y tecnológica. Más aún, un trabajo de Amador Neghme planteó claramente que "las universidades del continente están lejos de satisfacer su misión esencial de investigar científicamente y de formación de científicos. Mientras ello sea así deberá favorecerse el desarrollo de otras instituciones nacionales de dicha investigación y la formación de los científicos en centros de excelencia de otros países". Otros autores cuestionaron el papel central, en cierta medida autoasignado, de las universidades en el desarrollo científico y tecnológico de la región, y abogaron por un pluralismo institucional en la realización de investigaciones científicas y tecnológicas.<sup>171</sup>

El vínculo entre la educación superior y la capacidad de investigación científica y tecnológica fue examinado también por Hebe Vessuri, quien identificó los problemas de las universidades en los países en desarrollo, y en América Latina, para contribuir a la formación de una comunidad científica y tecnológica. Éstos incluyen los altos costos de la educación superior, la explosión en la cantidad de estudiantes, la escasez de recursos humanos calificados, la baja calidad de la instrucción en todos sus niveles y la privatización de la educación superior.<sup>172</sup>

### *Transferencia de tecnología*

Las distorsiones generadas por la importación de tecnología proveniente del exterior fueron consideradas como uno de los principales factores que impedía una vinculación más estrecha y efectiva entre la demanda y la oferta de tecnología en América Latina. Además, se identificaron una serie de deficiencias que aumentaban el costo, impedían la plena utilización y absorción de las tecnologías importadas, y tenían efectos negativos sobre la capacidad de vincular la oferta y la demanda de tecnología en los países en desarrollo.<sup>173</sup>

<sup>170</sup> José Joaquín Brunner 1990: 91. Un estudio reciente del mismo autor señala que varios de estos problemas se mantienen al iniciarse el siglo 21. Véase Brunner 2010.

<sup>171</sup> Amador Neghme 1978: 129. Véase también Francisco Sagasti 1972a: 108-132 y, en general, el volumen *La universidad latinoamericana: enfoques tipológicos* en el que figura este artículo.

<sup>172</sup> Hebe Vessuri 1996: 227.

<sup>173</sup> Los estudios de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) llamaron la atención, desde fines del decenio de 1960 y principios del

Un informe preparado por la SPRU para el Departamento de Asuntos Científicos de la OEA señaló los costos excesivos asociados con la transferencia de tecnología, las restricciones a la exportación de productos que frecuentemente imponían los proveedores de tecnología y el hecho de que muchas veces la tecnología importada no era la adecuada para las condiciones locales.<sup>174</sup> El estudio identificó los diferentes canales a través de los cuales se importa tecnología, y mencionó que la mayoría de los acuerdos de transferencia estaban diseñados para aprovechar los altos aranceles a la importación de productos que fueron parte de la estrategia de sustitución de importaciones. Señaló, además, que era preciso examinar si es que los precios de transferencia asociados a las licencias, insumos y productos intermedios no generaban un perjuicio excesivo para las empresas y países importadores de tecnología.

Constantino Vaitsof describió la naturaleza desigual de las transacciones entre los proveedores y compradores de tecnología, señalando las asimetrías de información que otorgan ventaja a los primeros. Documentó, además, las consecuencias negativas que esto tenía para los compradores de licencias de patentes y marcas en la subregión andina, y mostró que los contratos de licencia se empleaban frecuentemente como medio para obviar las restricciones impuestas por los países andinos a la remisión de utilidades por parte de los inversionistas extranjeros.<sup>175</sup> Miguel Wionczek analizó en detalle las características del comercio de tecnología, arguyendo que "el concepto original de transferencia de tecnología no es adecuado porque encubre un hecho fundamental consistente en que la tecnología es una *mercancía* que se transa en el mercado internacional o en los mercados nacionales como cualquier otra mercancía" (*su énfasis*), mercados en los cuales funcionan las leyes de la oferta y la demanda. Esto lo llevó a examinar los diversos canales a través de los cuales se concretan estas transacciones comerciales, incluidos la inversión extranjera directa, la importación de bienes de capital, los contratos de licencia asociados a patentes, y los servicios de asistencia técnica internacional. Wionczek concluyó que estos canales presentan una serie de problemas, deficiencias y desafíos que requieren intervenciones deliberadas de políticas públicas para regular su funcionamiento.<sup>176</sup>

Un trabajo posterior de Daniel Reséndiz y Asdrúbal Flores reseña las iniciativas mexicanas en este campo durante casi dos decenios, e indica que "las principales variables que se han identificado como relevantes para que la transferencia de tecnología sea factor positivo de desarrollo [son] las capacidades nacionales de selección, asimilar,

de 1970, sobre estos problemas asociados con la transferencia de tecnología. Las deliberaciones en la tercera conferencia general de la UNCTAD, celebrada en Santiago de Chile en abril de 1972, reforzaron estas preocupaciones y llevaron a la UNCTAD a aprobar el "Código internacional de conducta sobre transferencia de tecnología" en 1975 con el objetivo de "reestructurar las relaciones existentes entre proveedores y receptores de tecnología a fin de facilitar el acceso del Tercer Mundo a la promesa acumulada de los logros científicos y tecnológicos de la humanidad". Véase: UN Doc. TD / BC.6 / AC.1 / 2 / Supp. 1 / Rev. 1, p. 3.

<sup>174</sup> Science Policy Research Unit (SPRU), University of Sussex 1972.

<sup>175</sup> Véase: Constantino Vaitsof 1973b y 1973a: 195-232.

<sup>176</sup> Miguel Wionczek 1974: 199-207 y 1975.

adaptar, desarrollar y negociar tecnologías apropiadas a las condiciones sociales, económicas y de dotación de recursos de México". Como consecuencia, el Programa Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico 1984-1988 de México puso énfasis en la creación de estas capacidades.<sup>177</sup>

Estas ideas estuvieron en la base de una serie de estudios acerca del impacto de la inversión extranjera y los acuerdos relativos a la transferencia de tecnología (principalmente a través de las regalías asociadas a los contratos de licencia y la importación de maquinaria, equipo e insumos) sobre la balanza de pagos de varios países latinoamericanos.<sup>178</sup> Una consecuencia de estos estudios fue el establecimiento de entidades nacionales para regular la inversión extranjera, los acuerdos de licencia y los derechos de propiedad industrial, comenzando con los países del Pacto Andino en 1970.<sup>179</sup> Asimismo, como se indicó anteriormente, luego de que se celebrara la Conferencia sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología al Desarrollo de América Latina (CACTAL) en Brasilia en 1972, se lanzó un proyecto piloto sobre transferencia de tecnología que experimentó con diversas formas de mejorar el proceso de importación de tecnología en la región, principalmente a través de estudios de prospectiva, de la desagregación de los paquetes tecnológicos, y de la provisión de información sobre opciones tecnológicas a las empresas y otros usuarios.<sup>180</sup>

El Pacto Andino, que entonces comprendía a Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú, adoptó en diciembre de 1970 la decisión 24 sobre un "Régimen común para el capital extranjero, marcas, patentes, licencias y regalías", el cual estableció un esquema para el registro de la inversión extranjera directa y los contratos de licencia asociados a la importación de tecnología en la subregión. A este acuerdo le siguió la decisión 84 en el período de sesiones mayo-junio de 1974, que estableció las bases de una política tecnológica subregional. Además de considerar lo referente a la importación de tecnología, este dispositivo cubrió la asimilación y generación de tecnología, particularmente a través de los proyectos andinos de desarrollo tecnológico que serían financiados mediante contribuciones de los países miembros y con aportes de la cooperación internacional.<sup>181</sup>

<sup>177</sup> Daniel Reséndiz Núñez y Asdrúbal Flores 1985: 149-156.

<sup>178</sup> Gastón Oxman y Francisco Sagasti 1972; y Jorge Katz 1974b.

<sup>179</sup> Junta del Acuerdo de Cartagena 1976.

<sup>180</sup> Cabe destacar que la CACTAL constituyó un anticipo de las conflictivas negociaciones sobre los temas de ciencia y tecnología que tendrían lugar más tarde en otros eventos similares. La continua interferencia de observadores de empresas privadas, quienes daban sugerencias a los delegados oficiales de los Estados Unidos, provocó más de un incidente en las salas de reuniones. Algo similar sucedería más tarde en las negociaciones sobre el código de conducta para transferencia de tecnología en la UNCTAD entre 1974 y 1978, y en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo realizada en Viena en 1979. En parte como respuesta a los planteamientos de organismos internacionales sobre las limitaciones de la transferencia de tecnología, surgieron trabajos que examinaron este tema desde la perspectiva de las empresas transnacionales; véase por ejemplo: Jack Behrman y Harvey Wallender 1976, un trabajo que examinó la transferencia de tecnología en cuatro empresas multinacionales (Ford, ITT, Pfizer y Motorola). Por su parte, Jack Baranson (1979) examinó los puntos de vista de los compradores de tecnología en la región y de las empresas multinacionales. Howard Perlmutter y Tagi Sagan-Nejad (1981) presentaron un análisis de las motivaciones de los países de origen, las empresas proveedoras, los países receptores y las empresas importadoras de tecnología, reseñando los esfuerzos del decenio de 1970 para establecer regulaciones internacionales sobre transferencia de tecnología.

<sup>181</sup> Luis Soto Krebs 1976a: 73-85; 1976b: 86-98; y 1974: 377-386.

La decisión 85 sobre propiedad industrial, aprobada también en ese período de sesiones, estableció las condiciones de patentabilidad y otorgamiento de licencias, y también normas sobre el registro y uso de diseños industriales y marcas. Estos dispositivos tenían como objeto equilibrar el proceso de negociación en materia tecnológica entre los proveedores extranjeros y las empresas subregionales.<sup>182</sup>

Las decisiones sobre inversión extranjera, regulación de los contratos de licencia, propiedad intelectual y desarrollo tecnológico tuvieron un efecto positivo en la subregión durante los primeros años del decenio de 1970. Sin embargo, el cambiante entorno internacional para el financiamiento del desarrollo, unido al cada vez más rápido ritmo de avance tecnológico (sobre todo en campos como la microelectrónica y las tecnologías de la información), alteraron significativamente el contexto para la aplicación de estas políticas. Esto hizo que muchas de las medidas adoptadas por el Pacto Andino perdieran su relevancia. La salida de Chile del Pacto Andino en 1976, ostensiblemente por su oposición a las disposiciones que restringían la inversión extranjera, marcó un punto de inflexión e inició un largo proceso de pérdida de influencia de este acuerdo de integración subregional.

El caso de Brasil fue estudiado, entre otros, por Biato y sus colaboradores, quienes destacaron el peso relativo que tenía la importación de tecnología en los sectores industriales más dinámicos de ese país. Clasificaron los canales para el comercio de tecnología en cinco categorías: asistencia técnica, licencias de fabricación o utilización de patentes, licencias para el uso de marcas, servicios de ingeniería y elaboración de proyectos, constatando que la mayoría de los contratos registrados y de los pagos efectuados se referían a asistencia técnica y servicios de ingeniería. Señalaron, además, que el bajo desempeño de las instituciones de investigación científica y tecnológica, que consideraban "en su casi totalidad ineficientes e incapaces de atender la demanda de tecnología del sector productivo", había llevado a que las empresas se distanciasen de ellas y no pudieran constituirse en una fuente alternativa a la importación de conocimientos y tecnología.<sup>183</sup>

Más allá de los efectos económicos de la transferencia de tecnología, algunos autores destacaron el papel ambiguo que jugaba la transferencia de tecnología en condicionar las opciones de desarrollo. En un trabajo sobre los conflictos de valores en la transferencia de tecnología, Denis Goulet indicó que estos se producen debido a los intereses contrapuestos de vendedores y compradores de tecnología, a las tensiones entre los objetivos generales de desarrollo y el impacto de la tecnología importada, y

a los interrogantes acerca de cómo adecuar la tecnología a las necesidades humanas, la conservación del medio ambiente y a una justa asignación de recursos. Basándose en casos provenientes de varios países latinoamericanos, Goulet caracterizó a la transferencia de tecnología como una "espada de doble filo", que al mismo tiempo creaba y destruía valores, y que jugaba múltiples papeles en el desarrollo. Para este autor, la tecnología es un "recurso para crear recursos" que permite dar saltos cualitativos en la productividad y mejorar las condiciones de vida, pero al mismo tiempo es también un "instrumento de control social", una manera de "promover modos elitistas de toma de decisiones" y de "reducir la totalidad del significado humano a la resolución de problemas". Esto lo llevó a sugerir que la tecnología "constituye un campo de batalla en el cual se deben crear nuevos significados para contrarrestar la alienación, la antítesis de una vida que tenga sentido".<sup>184</sup>

Hacia fines del decenio de 1970 los trabajos conceptuales y empíricos sobre transferencia de tecnología se habían multiplicado al punto de que una bibliografía compilada por Jorge Sábato en 1978 listó más de mil entradas.<sup>185</sup> Un trabajo de Carlos Contreras sintetizó los principales avances y conclusiones en este campo, tomando en cuenta, entre otros insumos, las contribuciones de Ignacy Sachs sobre la secuencia de pasos necesarios para adaptar y absorber las tecnologías importadas y hacer que eventualmente se incorporen plenamente en las actividades productivas y sirvan de base para la generación de tecnologías domésticas. Contreras ofreció una clasificación detallada y exhaustiva de los canales a través de los cuales se adquiere tecnología del exterior, y de los instrumentos de política asociados a ellos.<sup>186</sup>

Contreras planteó, además, que la conceptualización de los problemas asociados a la transferencia de tecnología en la región había transitado por cinco etapas. Una primera de "dejar hacer", en la cual no se había tomado aún conciencia de ellos ni se había diseñado política alguna; una segunda etapa de "dejar pasar" y de "importación indiscriminada de tecnología", en la cual se aplicaban incentivos a la inversión extranjera y se aceptan incondicionalmente los acuerdos de transferencia; en la tercera etapa se empezaba a aplicar las primeras políticas para incorporar la ciencia y la tecnología al proceso de desarrollo, con la "creación de programas de capacitación y de centros de investigación aplicada"; la cuarta etapa se caracterizaba por "la toma de conciencia de los defectos de los mecanismos internacionales de transferencia de tecnología" y por el diseño de políticas para contrarrestarlos; en una quinta etapa se llegaba a "la creación de sistemas orgánicos de transferencia de tecnología", que promoverían la competencia entre proveedores, complementarían la importación con la producción local de tecnología y mejorarían la capacidad de negociación de los sectores privado y público. Esta última etapa llevaría a poner en práctica una "diplomacia tecnológica" y a la plena integración de

182 Para un resumen de los aspectos esenciales de las políticas del Pacto Andino sobre inversión extranjera e importación de tecnología, véase dos documentos publicados en el mismo año: Junta del Acuerdo de Cartagena 1976a y 1976b.

183 Francisco de Almeida Biato, Eduardo Augusto A. Guimaraes y Maria Helena Poppe de Figueiredo 1973. Véase también: Carlos von Doellinger y Leonardo C. Cavalcanti 1975.

184 Denis Goulet 1977: 11-12.

185 Jorge Sábato 1978. Véase también: Grupo de Trabajo sobre Desarrollo Tecnológico 1977.

186 Carlos Contreras 1979. Véase también: Ignacy Sachs 1973.

las políticas de transferencia de tecnología con las políticas de ciencia y tecnología, y con la política general de desarrollo.

### *Selección de tecnología apropiada*

La selección de tecnologías adecuadas a las condiciones prevaletientes en los países de América Latina fue otro de los temas que suscitaron el interés de estudiosos de la política científica y tecnológica, y de los funcionarios a cargo de ella. El trabajo de Amartya Sen sobre selección de técnicas, publicado en 1968,<sup>187</sup> fue uno de los estímulos iniciales para examinar este tema, que luego abarcó aspectos tales como los criterios para identificar tecnologías apropiadas, la recuperación de tecnologías tradicionales y la mezcla de tecnologías, entre otros. Por ejemplo, el concepto de "tecnología intermedia" propuesto por E. F. Schumacher para los países en desarrollo como alternativa a lo que consideraba una tecnología avanzada e inapropiada a las condiciones de los países en desarrollo, tuvo una amplia difusión.<sup>188</sup>

La definición de lo que es exactamente una "tecnología apropiada" fue ampliamente debatida durante el decenio de 1970. El uso de términos tales como "alternativa", "intermedia", "de bajo costo", "tradicional", "adecuada", "blanda" y "apropiada" para calificar a las tecnologías generó mucha controversia. Para David Morawetz, "tecnología apropiada puede ser definida como el conjunto de técnicas que hacen un uso óptimo de los recursos disponibles en un entorno dado. Para cada proceso o proyecto, es la tecnología que maximiza el bienestar social si se toman en cuenta los precios sombra de los factores". Francis Stewart objeta esta definición argumentando que no es posible calcular un único conjunto de precios sombra que permitiría identificar la técnica óptima, principalmente debido a que los diferentes grupos en una sociedad tienen distintos objetivos y preferencias; a que asume la existencia de un conjunto definido de técnicas, sin considerar la posibilidad de desarrollar nuevas tecnologías más o menos apropiadas o inapropiadas; y al supuesto de que es posible definir objetivos para toda una sociedad, que guiarían hacia una selección óptima de técnicas trascendiendo los intereses de grupos particulares.<sup>189</sup>

De acuerdo a Richard Eckaus, autor del informe del panel de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos sobre tecnologías apropiadas a los países en desarrollo, ampliamente difundido en América Latina:

El criterio para una selección "apropiada" de tecnología debe ser encontrado en los objetivos y procesos esenciales de desarrollo. [...] [los criterios propuestos] incluyen

<sup>187</sup> Amartya Sen 1968.

<sup>188</sup> E. F. Schumacher 1973.

<sup>189</sup> David Morawetz, citado en Francis Stewart 1977: 95-96.

maximización del producto, maximización de los bienes de consumo disponibles, maximización de la tasa de crecimiento económico, reducción en desempleo, desarrollo regional, reducción de los déficits de la balanza de pagos, distribución más equitativa del ingreso, promoción del desarrollo político (incluyendo la autodeterminación), y mejoras en la calidad de vida. Este último criterio ha sido interpretado recientemente en el sentido de entender el desarrollo como actividades rurales o de aldeas relativamente autosuficientes.<sup>190</sup>

Para Nicolas Jequier, "por el momento no existen definiciones ampliamente aceptadas de lo que constituye una tecnología apropiada, de bajo costo o intermedia", mientras que Gerard Boon, autor de un exhaustivo trabajo empírico sobre la selección de tecnología en la industria textil, señaló sin ambages que este concepto "involucra inherentemente juicios de valor y factores ideológicos, políticos e institucionales".<sup>191</sup> Una comprobación de este punto de vista la dio Oscar Varsavsky en un libro cuyo subtítulo es "propuestas para la selección de tecnologías bajo racionalidad socialista". Partiendo de los conceptos de "estilo tecnológico", "estilo de desarrollo" y "proyecto nacional", Varsavsky propuso un esquema metodológico complejo que juzga la idoneidad de una tecnología en función de "muchos criterios simultáneos, de los cuales una buena parte son difíciles de cuantificar y reducir a una unidad común por su carácter esencialmente político". El esquema de Varsavsky fue sugestivo y motivador, pero pese a que en uno de los últimos capítulos de su libro ofreció algunos ejemplos ilustrativos, no llegó a aplicarse en la práctica para seleccionar tecnología.<sup>192</sup>

Ignacy Sachs puso énfasis en el carácter multidimensional de la tecnología, que afecta a una amplia gama de aspectos del proceso de desarrollo, y en el hecho de que en una economía coexisten actividades productivas heterogéneas y con diferentes niveles de productividad y tecnología. Propuso "gestionar el pluralismo tecnológico", trascendiendo la concepción de dualismo tecnológico prevaletiente en la teoría económica del desarrollo. Esto lo llevó a identificar algunas actividades —agricultura, construcción, servicios y conservación ambiental— que se prestaban a un manejo más adecuado de la multiplicidad de los tipos de tecnología presentes en las economías en desarrollo.<sup>193</sup>

Las críticas al concepto de tecnología apropiada se fueron haciendo más fuertes hacia fines del decenio de 1970, y el libro de Witold Rybczynski, *Héroes de papel*, resumió las principales objeciones a las ideas de tecnología intermedia y apropiada. Rybczynski destacó que se trataba de conceptos normativos, excesivamente tecnocráticos, y alejados de las prácticas económicas reales, tanto de las empresas como de los consumidores.<sup>194</sup> Esto

<sup>190</sup> Richard Eckaus 1976: 2.

<sup>191</sup> Nicolas Jequier 1976: 17 y 18; y Gerard K. Boon 1981: 22.

<sup>192</sup> Oscar Varsavsky 1974: 11.

<sup>193</sup> Ignacy Sachs, Daniel Thery y Krystyna Vinaver 1974.

<sup>194</sup> Witold Rybczynski 1980.

no impidió una activa indagación de maneras de gestionar la selección de tecnologías, buscando una mejor adecuación entre sus características intrínsecas y especificaciones técnicas, por un lado, y las condiciones sociales, políticas, culturales y económica en donde serían empleadas, por otro. El concepto de "mezcla de tecnologías", referido a la revitalización de tecnologías tradicionales de baja productividad mediante la inserción de componentes de alta tecnología, cobró cierta importancia en el decenio de 1980, principalmente por las iniciativas del Comité Asesor de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas (UNACAST), y de la OIT.<sup>195</sup>

Mario Kamenetzky dirigió en el Banco Mundial un proyecto para capacitar a tomadores de decisiones provenientes de países en desarrollo en la selección y gestión de tecnologías. El término "tecnología apropiada" casi no aparece en los dos volúmenes que resumen los documentos conceptuales, casos de estudio e informes sectoriales que empleó el Banco en una serie de cursos de capacitación sobre el tema que se iniciaron en 1980.<sup>196</sup> Un enfoque similar fue propuesto por Cristovam Buarque en su estudio sobre el papel de la banca de desarrollo latinoamericano en la promoción de tecnología apropiada en la región. Buarque ofreció una serie de recomendaciones para modificar el ciclo de preparación, aprobación y puesta en práctica de los proyectos financiados por los bancos de desarrollo, con el fin de incorporar criterios de selección sobre tecnologías apropiadas.<sup>197</sup>

### *Políticas sectoriales y financiamiento*

Otro factor que contribuyó a la creación de capacidades científicas y tecnológicas en la región fueron las políticas sectoriales y los esquemas de financiamiento directo al desarrollo tecnológico y la innovación empresarial. Este factor es más difícil de caracterizar por su carácter muy amplio y difuso, que adoptó diferentes formas en los distintos países de la región y sus sectores productivos a lo largo del tiempo. Sin embargo, puede decirse que todas comparten una apuesta por desarrollar capacidades tecnológicas en sectores considerados promisorios y prioritarios, por articular estas capacidades con los sectores productivos, y que tienen en común el uso del financiamiento como principal instrumento de política.

Durante los decenios de 1960 a 1980, varios países de la región eligieron sectores que consideraron clave para sus procesos de desarrollo, y articularon una serie de iniciativas para apoyarlos. Por ejemplo, entre otros sectores, Brasil dio prioridad a la agricultura y a las industrias aeronáutica, electrónica y de biocombustibles; Argentina a la energía atómica y la industria farmacéutica; Chile a la agroindustria y la acuicultura; y México a la industria automotriz y metalmeccánica. En cada caso

se diseñaron regímenes de política y regulación especiales, orientados hacia promover la investigación y el desarrollo tecnológico, la creación de empresas y la inversión privada, y la producción para el mercado interno y externo. La provisión de recursos para investigación científica y tecnológica en las empresas y centros de investigación, el financiamiento para el desarrollo de prototipos en las empresas, la provisión de capital de riesgo, y los préstamos en condiciones favorables para la inversión fueron parte muy importante de las políticas de apoyo al desarrollo tecnológico en sectores específicos.<sup>198</sup>

Casi todos los países de la región siguieron esquemas similares de política, pero con resultados muy variados. Por ejemplo, los intentos de crear una industria electrónica en Argentina y Brasil mediante políticas de reserva de mercado, participación activa de empresas públicas, provisión de capital semilla a las empresas privadas, negociaciones y acuerdos con empresas transnacionales, y financiamiento de programas de investigación, entre otras, no llevaron a establecer una base industrial competitiva que se mantuviera al ritmo del avance de la industria electrónica mundial.

El caso de la política sobre la industria electrónica en Brasil durante los decenios de 1970 y 1980 ha sido examinado en detalle por Hubert Schmitz, José Cassiolato, Fabio Erber, María Inés Bastos y Emmanuel Adler, quienes muestran en detalle la forma en que los objetivos de esta política, los planteamientos ideológicos y conceptuales que la sustentaron, y los instrumentos empleados para ponerla en práctica (en particular, la reserva de mercado) —así como los intereses políticos del gobierno brasileño, la influencia de la política comercial norteamericana, las presiones de los empresarios privados extranjeros y brasileños, y las demandas de los usuarios de productos electrónicos— configuraron una situación compleja en la cual esta política se aplicó sólo por un decenio y medio y tuvo un éxito limitado.<sup>199</sup> Para Erber la metáfora del vaso medio lleno, que está también medio vacío dependiendo del punto de vista, se aplica a la política brasileña en este campo, ya que "generó una industria significativa con capacidades técnicas considerables, aunque menores de lo esperado". Schmitz y Cassiolato sugirieron que, además de los problemas específicos en el diseño y la implementación de esta política, algunos factores externos y el clima ideológico en América Latina tuvieron un impacto determinante en su modificación a fines del decenio de 1980.

<sup>195</sup> E. U. von Weizsäcker, M. S. Swaminathan y Aklilu Lemma 1983; y Agit Bhalla, D. James e Y. Stevens 1984.  
<sup>196</sup> Mario Kamenetzky, Robert Maybury y Charles Weiss Jr. 1986.  
<sup>197</sup> Cristovam Buarque 1983. Véase también: Tadeu Guimarães 1994: 546-560.

<sup>198</sup> El caso de la Financiadora de Estudios e Projetos (FINEP) en Brasil es quizá el más emblemático de instituciones que financiaron el desarrollo tecnológico e industrial en sectores clave. Establecida en 1967, bajo el liderazgo de José Pelucio Ferreira, su presidente entre 1967 y 1975, la FINEP se convirtió en una institución clave para el desarrollo científico y tecnológico, complementando la labor del Conselho Nacional de Pesquisas (del cual Pelucio Ferreira fue vicepresidente) y de otras instituciones federales y estatales. Otra entidad que cumplió un papel similar a partir de 1962, aunque más orientada hacia la creación de capacidades de investigación, fue la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), que a mediados del decenio de 1990 estableció líneas específicas de financiamiento para promover la innovación tecnológica en las empresas.  
<sup>199</sup> Hubert Schmitz y José Cassiolato 1992; Fabio Erber 1995: 196-226; María Inés Bastos 1992: 239-272; y Emmanuel Adler 1987 y 1986: 673-705. Para un análisis de las características de la industria mundial informática y sus implicancias en los países en desarrollo, y particularmente en Argentina, véase: Carlos María Correa 1989.

Para Bastos esta política produjo resultados positivos, incluidos un crecimiento significativo de la industria electrónica que en 1986 alcanzó un valor de producción de US\$ 8 mil millones, el hecho de que la cuota de mercado de las empresas locales subiera de un tercio en 1980 hasta casi el 60% en 1989, y de que en ese último año la industria electrónica brasileña empleara casi 24 mil graduados universitarios. Sin embargo, los avances en la frontera tecnológica mundial y el creciente énfasis en proteger los derechos de propiedad intelectual de parte de las empresas líderes y sus gobiernos, unidos a la crisis económica que experimentó Brasil (al igual que el resto de la región) durante el decenio de 1980, cambiaron las condiciones para el desarrollo de esta industria. En particular, los crónicos déficits en la balanza de pagos se agravaron por los aumentos en el precio del petróleo y en las tasas de interés internacionales, lo que generó una crisis de deuda externa, cuya negociación se condicionó, entre otros factores, a la liberalización del mercado de productos electrónicos. Como resultado, el proceso de modernización de la industria electrónica mediante políticas de corte proteccionista y de promoción de la empresa nacional se paralizó, los usuarios de sus productos sintieron que el costo de establecer una industria doméstica en este campo eran muy altos, y se erosionó el apoyo de los sectores privado y público dirigido a establecer una industria electrónica doméstica.

En este contexto se produjo un conflicto comercial con los Estados Unidos, que exigieron eliminar las políticas proteccionistas bajo la amenaza de tomar represalias e imponer sanciones a las importaciones de Brasil. Las negociaciones terminaron con una victoria parcial para los Estados Unidos, y si bien Brasil pudo mantener algunas medidas favorables a la industria electrónica nacional, no se llegó a cumplir el objetivo de establecer una industria electrónica de punta en este país.<sup>200</sup>

En contraste, los esfuerzos sostenidos a lo largo de varios decenios en la industria aeronáutica, automotriz y de biocombustibles permitieron a Brasil lograr el liderazgo en la producción de aviones de mediano alcance y en la de etanol a partir de la caña de azúcar. De acuerdo a Carl Dahlman,<sup>201</sup> desde la creación en 1946 del Instituto de Tecnología Aeronáutica (ITA) para formar recursos humanos altamente calificados, y del Centro de Tecnología Aeronáutica (CTA) un año después, Brasil avanzó a lo largo de varios decenios hacia la creación de Embraer, una empresa dedicada al diseño y la producción de aviones. De ser una empresa protegida y subsidiada, Embraer se transformó progresivamente en una empresa competitiva en el ámbito mundial, con una notable capacidad tecnológica y de ingeniería, y que logró ubicarse en el nicho de

200 María-Inés Bastos 1994. Para el caso argentino, y especialmente la industria de programación (software), véase: Carlos Correa 1989.

201 Carl Dahlman 1990. Dahlman menciona también el caso de Metal Leve, una empresa brasilera de autopartes fundada en 1950 por el destacado empresario José Mindlin, quien fue ministro de Ciencia y Tecnología en el estado de Sao Paulo, empezó a diseñar sus propios productos y en 1979, con el apoyo de US\$ 2.2 millones de FINEP, estableció su propio centro de investigación que llegó a contar con 230 funcionarios en 1988. Hacia fines del decenio de 1980, Metal Leve estableció una subsidiaria en los Estados Unidos para producir pistones articulados y estar más cerca de sus clientes, que incluían a Caterpillar, Volvo y Cummins, entre otras empresas.

mercado de aeronaves de tamaño intermedio para vuelos de corto alcance, llegando a producir casi 4 mil aeronaves hacia fines del decenio de 1980. Embraer contó con el apoyo de varios centros de investigación del sector público y de universidades, y también con un significativo apoyo financiero de la Agencia Financiadora de Estudios y Proyectos (FINEP).<sup>202</sup>

Otro caso emblemático y exitoso de las políticas de apoyo tecnológico y de innovación orientadas hacia sectores y actividades económicas específicas es el de la Fundación Chile, creada en 1975 para identificar, adaptar y desarrollar tecnologías, y para apoyar la creación de empresas innovadoras. Esta Fundación prestó apoyo a las empresas responsables del auge agroexportador de Chile, y ayudó a crear la industria del salmón que en poco tiempo llegó a ponerse a la vanguardia mundial de la acuicultura. Un sentido netamente empresarial, su condición de entidad privada sin fines de lucro, el apoyo inicial que recibió del gobierno chileno y de la empresa transnacional ITT para constituir un fondo patrimonial, y la reinversión de sus utilidades, unidos a la insistencia en la excelencia profesional, hicieron de Fundación Chile un ejemplo de lo que es posible lograr con políticas de apoyo tecnológico en sectores específicos. A principios del decenio del 2000, la Fundación contaba con aproximadamente 300 funcionarios y 500 consultores, su centro tecnológico tenía un presupuesto anual de aproximadamente US\$ 20 millones, y su financiamiento provenía principalmente de la venta de tecnología, y de contribuciones públicas y privadas para proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, complementadas con recursos de investigaciones realizadas bajo contrato, apoyo directo del gobierno, y otras fuentes.<sup>203</sup>

### *Comportamiento tecnológico empresarial*

El comportamiento de las empresas y sectores productivos, particularmente en lo referente a investigación y desarrollo tecnológico y a la importación y absorción de tecnología, fue estudiado por Jorge Katz y sus colegas en una serie de trabajos empíricos que abarcaron más de dos decenios. Partiendo de una investigación sobre las funciones de producción, inversión extranjera y crecimiento económico a fines del decenio de 1960, Katz se centró en el análisis de los factores que condicionaban las decisiones empresariales sobre la importación de tecnología y su adaptación, la realización de actividades propias de investigación y desarrollo tecnológico, y el efecto que tenían las estructuras de mercado en el comportamiento tecnológico de las empresas. Katz también examinó el papel que juegan las patentes y el sistema de propiedad industrial

202 Algo similar sucedió con los esfuerzos para crear una industria doméstica del etanol, que se emplea en forma masiva como combustible en Brasil, véase Bruce Johnson 1990. Por su parte, a pesar del carácter intermitente de las políticas de apoyo gubernamental, Argentina logró desarrollar y mantener una capacidad científica tecnológica en el campo de la energía atómica y de producción de centrales nucleares. Para una descripción de los logros iniciales argentinos en este campo, véase el capítulo 11 de Emmanuel Adler 1987.

203 María Olivia Recart 2005; Bob W. Bell, Jr. y Calestous Juma 2007: 296-314.

en el desarrollo tecnológico de la industria farmacéutica, señalando sus limitaciones y la necesidad de adaptarlo a las condiciones de la región.<sup>204</sup>

Otro autor que contribuyó a entender el comportamiento tecnológico empresarial en esa época fue Francisco Sercovich, quien luego de trabajar con Charles Cooper en la SPRU, centró sus estudios en el comportamiento tecnológico de ramas industriales, especialmente en Argentina.<sup>205</sup> En el marco del Proyecto Science and Technology Policy Instruments (STPI), se examinó el comportamiento tecnológico empresarial en varios sectores industriales y se identificó que la estructura de los mercados, los patrones de competencia extraprecios, la inestabilidad de la demanda, las políticas de sustitución de importaciones, el papel de los agentes comerciales y de distribución, y el grado de eslabonamientos verticales eran los principales determinantes de la manera en que las empresas adquirirían, absorbían y adoptaban tecnología.<sup>206</sup>

A partir de 1975 Jorge Katz dirigió un programa de estudios auspiciados por el BID, el IDRC y la CEPAL. Este programa produjo una gran cantidad de información sobre el comportamiento tecnológico de empresas y sectores, particularmente en la industria, la cual sirvió de base para formular políticas en varios países de la región.<sup>207</sup> Katz continuó trabajando por varios años estos temas en la CEPAL, y sus contribuciones intelectuales y estudios empíricos han permitido comprender mejor el impacto que tuvieron las reformas estructurales en los países latinoamericanos sobre el comportamiento empresarial, en general, y sobre el devenir de sus capacidades tecnológicas.

Por otra parte, un estudio coordinado por Jeffrey James durante la segunda mitad del decenio de 1980 examinó el comportamiento de las empresas públicas en los países en desarrollo, intentando identificar si empleaban modelos para la toma de decisiones tecnológicas diferentes a los de minimización de costos y maximización de utilidades que, de acuerdo a la teoría neoclásica, orientaban las decisiones de la empresa privada. El estudio incluyó casos de Argentina, Brasil y México, y las conclusiones a las que se llegó sugieren que los esquemas alternativos, basados en consideraciones de economía política y de discrecionalidad administrativa, explican mejor el comportamiento tecnológico de las empresas públicas que los esquemas neoclásicos.<sup>208</sup>

<sup>204</sup> Véase: Jorge Katz 1968; 1970; 1974a: 163-185; 1974b; y 1976.

<sup>205</sup> Véase: Charles Cooper y Francisco Sercovich 1971; y Francisco Sercovich 1974: 33-67; 1975; y 1976.

<sup>206</sup> Francisco Sagasti 1978b: 179-184.

<sup>207</sup> Véase, entre muchos otros materiales generados por el programa BID / CEPAL, Jorge Katz y Ricardo Cibotti 1975 y 1980; Jorge Katz y otros 1978; Jorge Katz 1978; y las monografías preparadas por P. Maxwell, J. Fidel, C. Dahlman y J. Lucángeli, entre muchos otros, como parte de dicho programa.

<sup>208</sup> Jeffrey James 1989.

Durante el decenio de 1990, Katz examinó las interacciones entre políticas macro y comportamiento micro en el sector industrial, identificando la forma en que el régimen de incentivos y el marco regulatorio afectaban a las decisiones empresariales. Por ejemplo, un estudio suyo, en colaboración con Roberto Bisang y Gustavo Burachik, llegó a la conclusión de que:

[...] en el curso de los años 1980 y *pari passu* con los primeros esfuerzos de estabilización macroeconómica y de apertura de la economía a la competencia externa, el sector manufacturero se contrae, aumenta su apertura hacia el exterior, se concentra en términos de propiedad, pierde participación extranjera y de empresas pequeñas y medianas de capital nacional, se reestructura hacia ramas más intensivas en el uso de recursos naturales domésticos y en contra de sectores relativamente utilizadores de ingeniería local, reduce su capacidad de absorción ocupacional, se reposiciona como tomador de precios en mercados de commodities industriales altamente competitivos, etc. El grado e heterogeneidad estructural prevalente al interior del aparato industrial crece notoriamente [...] se expande de manera significativa la frontera de recursos naturales sobre la que se asienta la economía a través del descubrimiento y la puesta en explotación de nuevas riquezas petroleras, forestales, ictícolas, gasíferas, etc. La industria deja de ser el polo dinámico de la economía pasando dicho rol al ámbito de los servicios.<sup>209</sup>

De acuerdo a Katz y sus colaboradores, estos cambios afectaron de manera diferencial a los conglomerados empresariales de capital nacional, las empresas transnacionales e inversionistas extranjeros y a las pequeñas y medianas empresas de capital doméstico.<sup>210</sup>

Un informe de síntesis y resumen de sus estudios sobre estos temas identificó los principales cambios que experimentaron los procesos de innovación en la región como resultado de las reformas estructurales de los decenios de 1980 y 1990. Entre ellos destacan:

- La apertura externa de la economía ha abaratado los bienes de capital importados, induciendo su uso, en lugar de maquinaria y equipos de fabricación nacional, por un lado, y de mano de obra, por otro.
- Se ha acelerado el ritmo de incorporación de equipos y maquinarias de base computacional y la transición hacia formas de organización del trabajo en "tiempo real".
- La globalización de la producción y la mayor integración en programas de alcance multinacional ha inducido a muchas subsidiarias locales de empresas extranjeras a reducir su mix de producción, especializándose en uno (o unos pocos) productos de la gama que elabora la corporación a escala mundial, actuando la corporación como importadora y distribuidora de los restantes en el medio doméstico.
- La privatización de empresas estatales de servicios públicos ha llevado al cierre de departamentos de I&D y a la reducción de los gastos locales de ingeniería en campos

<sup>209</sup> Jorge Katz, Roberto Bisang y Gustavo Burachik 1995: 285.

<sup>210</sup> Jorge Katz 1996.

- como energía, telecomunicaciones o transporte. [...]
- Las empresas industriales han ido desverticalizando procesos productivos, reduciendo tanto su nivel de autofabricación de partes y piezas como el aprovisionamiento local de las mismas, sustituyendo importaciones por insumos intermedios de fabricación doméstica. [...]
  - Comienza gradualmente a aparecer un sector doméstico de pequeñas y medianas firmas de ingeniería de sistemas y de producción de software computacional, ocupadas en desarrollar "paquetes" informáticos adaptados a las necesidades del aparato productivo doméstico.
  - La política tecnológica está transitando desde el "subsidio a la oferta" al "subsidio de la demanda" induciendo a los institutos de I&D del sector público a buscar en el campo privado una alícuota creciente de su financiamiento corriente.
  - Se han introducido cambios profundos en la legislación de Patentes de Invención consolidando los derechos de propiedad intelectual en campos como la producción farmoquímica, la genética, el software computacional.
  - Está creciendo el financiamiento y la participación activa del sector privado en el ámbito de la educación, tanto a nivel secundario como terciario, generando ello una importante "dualidad" al interior de los mercados de formación y capacitación de recursos humanos.

Katz concluye este ensayo de síntesis proponiendo una nueva agenda de intervenciones en materia de fomento productivo, desarrollo tecnológico y equidad, que abarca una mejor regulación de la apertura, las privatizaciones y la protección al consumidor, la corrección de fallas de mercado y la creación de nuevas instituciones, particularmente en lo referente a políticas de innovación y difusión tecnológica.<sup>211</sup>

\*\*\*

Las preocupaciones sobre cómo vincular la demanda con la oferta de ciencia y tecnología, cómo capitalizar mejor la importación de tecnología, cómo escoger y absorber la tecnología más adecuada a las condiciones de las empresas, sobre las políticas sectoriales más eficaces, y sobre cómo crear incentivos para que las empresas se dediquen a la investigación y desarrollo tecnológicos continúan hasta la actualidad. El relativo período de desinterés en el tema por parte de las autoridades gubernamentales durante la segunda mitad del decenio de 1980 y la primera del de 1990, fue revertido por los esfuerzos de la región por mejorar su competitividad en los últimos quince años. Una expresión de esta renovada preocupación ha sido el creciente interés en promover una mayor interrelación, definida frecuentemente como "asociatividad", entre las instituciones de investigación universitarias, públicas y privadas, por un lado, y por el otro, las empresas productivas, sea ya en forma individual o colectiva. Asimismo, el "triángulo de Sábato" que caracteriza las interacciones entre la producción de ciencia y tecnología, el comportamiento tecnológico empresarial y las políticas públicas reapareció en la región hacia el año

<sup>211</sup> Jorge Katz 2000c: 32-34, 69-76.

2000 en la concepción de la "triple hélice" de relaciones entre universidades, industria y gobierno.<sup>212</sup>

### 5.3.3 Interacciones, estrategias y políticas

El uso del enfoque de sistemas para apreciar las características de la ciencia, tecnología e innovación en los países de la región estuvo estrechamente vinculado a la preocupación por el diseño y puesta en práctica de políticas y estrategias. Además de resaltar las interacciones entre los diferentes agentes que intervienen en los procesos de generación, importación, absorción y utilización de conocimiento y tecnología, y las formas en que éstos se vinculan al contexto socioeconómico, político y cultural más amplio, el enfoque de sistemas dio pautas para el examen detallado de la implementación de políticas de ciencia y tecnología. Ayudó a precisar los conceptos de instrumento de política, políticas explícitas e implícitas, y efectos de las políticas, y propuso varios esquemas de clasificación para ordenar el estudio de los instrumentos de política.

#### El enfoque de sistemas

Las primeras aplicaciones del enfoque de sistemas a los problemas de la política científica y tecnológica surgieron a fines del decenio de 1960. El trabajo de Russell Ackoff sobre "investigación operacional en la política científica nacional", presentado en un simposio organizado a principios de 1967,<sup>213</sup> fue uno de los primeros en vincular explícitamente el enfoque de sistemas y la política científica. Los documentos de la división de política científica de la UNESCO, dirigida por Yvan de Hemptinne, propusieron el uso de conceptos de sistemas en la política científica en la segunda mitad del decenio de 1960.<sup>214</sup> Entre 1968 y 1999 un equipo de la Universidad de Grenoble, bajo la dirección de Yves Barel, realizó un trabajo de sistematización y clasificación de todos los enfoques de sistemas propuestos hasta entonces para la política científica y tecnológica.<sup>215</sup> Durante la década de 1970 los trabajos de Eric Trist, Ronald Havelock, Lynton Caldwell, Nicholas Ashford, Francois Hetman y Gennady Dobrov se añadirían a una creciente producción intelectual sobre la aplicación del enfoque de sistemas.<sup>216</sup>

Un trabajo pionero en este campo fue el libro de Fritz Machlup, *The production and distribution of knowledge in the United States*, publicado en 1962. Si

<sup>212</sup> Sobre este tema, véase: Loet Leydesdorff y Henry Etzkowitz 1998: 195-203. La tercera conferencia sobre el tema se celebró en Río de Janeiro en el 2000 y el número especial de la revista *Science, Technology and Human Values*, de enero del 2003 (vol. 28, núm. 1), contiene algunos trabajos presentados en este evento. Véase también: Rodrigo Arocena y Judith Sutz 2000.

<sup>213</sup> Russell Ackoff 1968.

<sup>214</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) 1967a y 1967b.

<sup>215</sup> Yves Barel 1970 y 1971. Este último trabajo generó quince volúmenes y una cantidad impresionante de diagramas, esquemas taxonómicos y listados de definiciones y conceptos, y probablemente constituyó un esfuerzo prematuro de sistematización excesiva.

<sup>216</sup> Eric Trist 1973a y 1973b; R. Havelock 1970; L. Caldwell 1974; N. Ashford 1976; F. Hetman 1979; y G. Dobrov 1978.

bien no adoptó explícitamente el enfoque de sistemas, Machlup ofreció una serie de planteamientos originales sobre la evolución e importancia de la "industria del conocimiento", y propuso una síntesis muy rica y sugestiva que integraba conceptos y datos hasta entonces dispersos. Relacionó las actividades de creación, difusión y utilización del conocimiento, lo que permitió apreciar mejor el creciente papel de la ciencia y la tecnología en el crecimiento económico.<sup>217</sup>

El uso generalizado del enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica latinoamericana fue resultado de los esfuerzos del Departamento de Asuntos Científicos de la OEA. Un primer trabajo de Máximo Halty<sup>218</sup> abrió el camino para algunos estudios iniciales en el marco del Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico,<sup>219</sup> que fueron contrastados con los enfoques propuestos por otras organizaciones, como la OCDE y la UNESCO.<sup>220</sup> La idea central de este enfoque fue ordenar los elementos constituyentes del "sistema" de ciencia, tecnología, innovación y sus interacciones, de tal manera de identificar las intervenciones de política gubernamental más eficientes y efectivas para promover su desarrollo. Para este fin se emplearon analogías, esquemas gráficos, diagramas de flujo y tablas jerárquicas, entre otros medios, que fueron expuestos en una serie de documentos, publicaciones, conferencias y talleres de trabajo auspiciados principalmente por la OEA, la CEPAL, el BID, la UNESCO y el IDRC.

Los primeros trabajos en emplear explícitamente este enfoque en los países de la región para diseñar políticas fueron preparados por Máximo Halty, Alberto Aráoz, Félix Moreno y Francisco Sagasti. Halty puso énfasis en la necesidad de romper los "círculos viciosos" que impedían una interacción fluida entre demanda y oferta de tecnología, y de transformarlos en "espirales virtuosas".<sup>221</sup> Aráoz clasificó los diferentes tipos de conocimiento y las áreas de interés que se derivan de ellos para la formulación de políticas.<sup>222</sup> A partir de un cuestionamiento de los objetivos de la política tecnológica en economías dependientes, Moreno propuso un conjunto de esquemas conceptuales sumamente detallados en los cuales planteó que la política científica debe estar subordinada a la política tecnológica y esta última a la política de

217 Fritz Machlup 1962. En 1980 Machlup se embarcó en un ambicioso programa para publicar una serie de diez volúmenes sobre la creación, difusión y significado económico del conocimiento. Llegó a publicar cinco de ellos antes de su muerte, el primero de los cuales es: *Knowledge and knowledge production* (1980).

218 Máximo Halty 1966.

219 Alejandro Moya y Gerardo Gargiulo 1969; Alberto Sánchez Crespo 1970.

220 Véase el informe del Primer Seminario Metodológico sobre los Estudios de Base para la Planificación de la Ciencia y la Tecnología, realizado en Buenos Aires en agosto de 1970 con la participación de representantes de la OEA, OCDE, UNESCO y países de la región, que inauguró la serie de "Estudios sobre el desarrollo científico y tecnológico" de la OEA, que publicó 38 títulos. El trabajo de Francisco Sagasti y Alejandro Moya (1971), fue uno de los documentos de discusión para un seminario conjunto de la OCDE y la OEA realizado en París en octubre de 1970 con la participación de funcionarios de la UNESCO y la Comisión Económica Europea.

221 Máximo Halty 1972.

222 Alberto Aráoz 1974.

desarrollo.<sup>223</sup> Empleando variantes del enfoque estructuralista propuesto por la CEPAL, Sagasti identificó categorías de decisiones en la política y planificación de la ciencia y la tecnología, examinó el flujo de los diferentes tipos de conocimiento demandado y generado en la economía, y propuso formas de diseñar y ejecutar políticas científicas y tecnológicas en la región.<sup>224</sup>

Mario Bunge enfatizó la importancia de adoptar un enfoque sistémico para el diseño y puesta en prácticas de políticas de ciencia y tecnología, aduciendo que "tanto el cuerpo de conocimientos científicos como la comunidad científica son sistemas". Esto lo llevó a la conclusión de que "la mejor política científica será sistémica, o sea, favorecerá la emergencia endógena de sistemas científicos bien integrados, así como la realización de investigaciones científicas que propendan a la integración del conocimiento". A partir de esta conclusión, Bunge desarrolló planteamientos sobre las condiciones generales para el desarrollo científico, la contribución que puede hacer la ciencia a la solución de problemas nacionales, la importancia de las ciencias básicas en los países en desarrollo, y el papel que debe jugar la universidad en el desarrollo científico y tecnológico.<sup>225</sup>

Otras contribuciones que emplearon el enfoque de sistemas fueron los trabajos de Marcos Kaplan, quien intentó superar lo que denominó un "enfoque restrictivo, formalista y estático", proponiendo en su reemplazo un enfoque "totalizador, concreto y dinámico" basado en una serie de premisas que privilegiaron los aspectos históricos, culturales y el contexto social y económico en el que se realizan las actividades de ciencia y tecnología. Entre otras cosas, esto lo llevó a distinguir entre la política científica "nacional" y la política científica "gubernamental".<sup>226</sup> Empleando esquemas conceptuales de teoría de sistemas, la Corporación de Promoción Universitaria (CPU) en Santiago de Chile, dirigida por Iván y Jaime Lavados, produjo una serie de estudios sobre el papel de la universidad latinoamericana en el desarrollo científico y tecnológico. Entre ellos destaca un elaborado modelo para caracterizar la naturaleza de la situación en la subregión andina, identificando los subsistemas de incorporación, intermediación y utilización de conocimiento, además del subsistema de educación.<sup>227</sup>

El enfoque de sistemas también se vinculó directamente al diseño de estrategias de desarrollo científico y tecnológico. En un amplio estudio comparativo que examinó las estrategias de países del Norte y el Sur, el Este y el Oeste para dilucidar sus características, fortalezas y debilidades, Máximo Halty llegó a la conclusión de

223 Félix Moreno 1974.

224 Francisco Sagasti 1970 y 1972b.

225 Mario Bunge 1980: 47, 56.

226 Marcos Kaplan 1975 y 1984: 86-121.

227 Corporación de Promoción Universitaria (CPU) 1977.

que las estrategias tecnológicas no están predeterminadas por los sistemas políticos, y que existe una convergencia en su contenido entre países de distintas regiones y orientaciones ideológicas. También concluyó que las reglas del juego básico para el diseño de estrategias viables y exitosas incluyen la consolidación de la infraestructura científica y tecnológica, el énfasis en vincular la generación de conocimientos con el sistema productivo, la concentración y especialización de esfuerzos, y la aceptación de que los bajos niveles de desarrollo requieren un mayor nivel de intervención del sector público. Por último, Halty consideró que es posible combinar de diversas maneras una serie de políticas e instrumentos para diseñar estrategias que se adapten y correspondan a la situación específica de cada país en desarrollo.<sup>228</sup>

El uso del enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica en la región generó algunas críticas, principalmente por su excesivo formalismo. Algunas de estas ideas ayudaron a modificar los enfoques sobre política científica y tecnológica en el decenio de 1980 y en los siguientes. Joseph Hodara cuestionó que existiera un continuo entre ciencia y tecnología y que estas se reforzaran la una a la otra, el centralismo implícito en una visión holística, y el supuesto de que los modelos y esquemas generales sean aplicables en todo lugar.<sup>229</sup> Tuvieron singular importancia las críticas de Alejandro Nadal, en el sentido de que era necesario poner mayor énfasis en los procesos de toma de decisiones empresariales; de Norman Girvan, para quien el enfoque de sistema carecía de una teoría explícita sobre el papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo; y de Oscar Ozlak, quien señaló la concepción un tanto ingenua y benévola del papel del Estado en la formulación e implementación de políticas.<sup>230</sup>

Por su parte, Floreal Forni y Raúl Bisio reseñaron críticamente las contribuciones de Carlos Mallman, Félix Moreno, Jorge Katz, Francisco Sagasti, Jorge Sábato e Ignacy Sachs, entre otros autores, a la conceptualización de los sistemas de ciencia y tecnología, examinando la manera en que concebían el papel del Estado en la creación de capacidades científicas, tecnológicas y de innovación. Esto los llevó a definir tres tipos de utopías (tecnoburocrática, voluntarista y jacobinista) que captaban "deformadamente el rol del Estado en la planificación científica y tecnológica", y a sugerir que el espacio real y posible para la política tecnológica "era la resultante objetiva de la correlación entre las limitaciones estructurales de su aparato productivo y del proyecto político".<sup>231</sup>

Una evaluación del papel que jugó el enfoque de sistemas en América Latina durante el decenio de 1970 concluyó que era necesario superar su carácter formal y vincularlo al estudio de las relaciones de poder y los conflictos de interés; que

228. Máximo Halty 1979.

229. Joseph Hodara 1979.

230. Alejandro Nadal 1977; Norman Girvan 1979; Oscar Ozlak 1976.

231. Floreal Forni y Raúl Bisio 1975: 218-221.

había conducido implícitamente a una normatividad abstracta y casi voluntarista que generaba errores y frustraciones; que la naturaleza principalmente descriptiva de este enfoque debía complementarse con elementos teóricos explicativos; y que es necesario evitar la tendencia a generalizar y plantear soluciones centralistas. Se llegó, además, a la conclusión de que "considerado en forma aislada y por sí mismo, son escasas las contribuciones que podría hacer en el futuro. Su riqueza conceptual servirá de base para elaborar nuevos enfoques y postular teorías del desarrollo que ubiquen a la ciencia y la tecnología en el lugar central que le corresponden".<sup>232</sup>

Hacia fines del decenio de 1980 el enfoque de sistemas se había difundido ampliamente y facilitar la introducción del concepto de "sistemas de innovación", el cual rebasó el carácter principalmente analítico del enfoque de sistemas e introdujo planteamientos teóricos que explicaban las motivaciones, incentivos y el comportamiento de los diversos agentes que lo conforman.<sup>233</sup> Más recientemente, las contribuciones del enfoque de sistemas a la configuración de las ideas sobre sistemas de innovación ha sido reconocida explícitamente, pero enfatizando su carácter de herramienta analítica más que su potencial para ofrecer explicaciones teóricas causales.<sup>234</sup>

### *Instrumentos de política*

La preocupación por cómo poner en práctica políticas científicas y tecnológicas se hizo evidente a principios del decenio de 1970, cuando funcionarios a cargo de los recientemente creados "consejos de investigación" en los países de la región empezaron a darse cuenta de que tenían muy pocos instrumentos de política y mecanismos de acción para llevar a cabo sus planes y programas.<sup>235</sup>

Esta fue la motivación central para organizar el Proyecto STPI sobre instrumentos de política científica y tecnológica, que fue auspiciado por el IDRC y la OEA entre 1973 y 1979, y que congregó a diez países en desarrollo, seis de ellos latinoamericanos (Argentina, Brasil, Colombia, México, Perú y Venezuela), para examinar el diseño y

232. Francisco Sagasti 1983b: 169.

233. Un trabajo que marca la transición entre el "enfoque de sistemas" y los "sistemas de innovación" es el de Henrique Rattner, en el cual plantea que: "la naturaleza sistémica de la innovación se manifiesta tanto en el carácter combinado y complementario de los avances técnicos necesarios para objetivar una innovación particular, cuanto en la red de instituciones y servicios de apoyo que se precisan para que ello ocurra". Véase: Henrique Rattner 1990: 36.

234. Fred Gault 2010. Este autor destaca también los aportes recientes de las teorías de redes y de sistemas complejos a la comprensión del funcionamiento de los sistemas de innovación, particularmente en los países en desarrollo.

235. Uno de los planteamientos iniciales sobre este tema lo hizo Carlos Añez, entonces director ejecutivo del CONICIT de Venezuela, en una reunión auspiciada por la OEA en Lima y Cusco en enero de 1972. En una sesión informal, Añez planteó las siguientes preguntas: ¿qué mecanismos o instrumentos debo emplear en el sector público venezolano para poner en práctica las políticas del CONICIT? ¿cómo asegurar que tengan impacto y produzcan los resultados deseados? Tiempo después, estas preguntas llevaron al Departamento de Asuntos Científicos de la OEA y al IDRC a explorar la manera de responderlas sistemáticamente mediante el Proyecto STPI.

puesta en práctica de las políticas de desarrollo científico y tecnológico. El Proyecto STPI fue un ejercicio de aplicación del enfoque de sistemas para entender mejor el comportamiento de los diversos actores en el ámbito de la ciencia, tecnología e innovación y la forma de influir en sus decisiones. Entre otras cosas, introdujo una sistematización del concepto de "instrumento de política" definiendo sus componentes (declaración de política, dispositivo legal, estructura organizativa, mecanismos operativos, efectos directos e indirectos); mostrando las interacciones y relaciones entre los distintos instrumentos (conjuntos orientados hacia una función o hacia un objetivo, políticas explícitas e implícitas); clasificándolos de manera ordenada (instrumentos para promover la demanda, la oferta y las interacciones entre ambas), y proponiendo criterios para evaluar su efectividad e impacto.<sup>236</sup>

Los resultados del Proyecto STPI se plasmaron en una serie de informes nacionales y documentos de síntesis, que cubrieron prácticamente todos los aspectos de las políticas científicas y tecnológicas vigentes durante el decenio de 1970. Además del informe comparativo central preparado en base a los diez informes nacionales y a los trabajos de consultores especializados, se prepararon informes sobre los instrumentos de política para crear infraestructura científica-tecnológica, influenciar la demanda de ciencia y tecnología por parte del sector productivo, promover las actividades científicas y tecnológicas en las empresas en el sector industrial y regular la importación de tecnología, entre otros aspectos. El Proyecto STPI examinó también la evolución histórica de las capacidades científicas y tecnológicas en los países participantes, y la manera en que se planificaba el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación.<sup>237</sup>

El Proyecto STPI hizo uso de las contribuciones de varios de los principales pensadores latinoamericanos en este campo, permitió un intercambio de experiencia en la región y con países en desarrollo de otras partes del mundo, y apoyó la toma de decisiones sobre política científica y tecnológica en varios de los países participantes. Sus conclusiones se incorporaron en los debates preparatorios de la Conferencia de Viena sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo realizada en 1979. Además, varios de los coordinadores nacionales latinoamericanos ocuparon puestos de alta responsabilidad en sus países y en el ámbito internacional en temas vinculados a la ciencia y la tecnología.<sup>238</sup>

Las interacciones e inconsistencias entre las políticas de ciencia y tecnología y otras políticas públicas fueron destacadas por Amílcar Herrera, Gustavo Flores Guevara,

236 Véase: Francisco Sagasti y Alberto Aráoz 1975; y Francisco Sagasti 1978b.

237 Algunos de los módulos sobre instrumentos de política específicos incluyen, entre otros: Alberto Aráoz 1980a, 1980b; Sergio Barrio 1980; Sergio Barrio, KunMo Chung y Anthony Tillet 1980; Onelia Cardellini 1980; y Francisco Sagasti 1980c, 1980d. Como ejemplo de los informes nacionales, véase: Alejandro Nadal 1977.

238 Por ejemplo, Eduardo Amádeo en Argentina; Fernando Chaparro en Colombia; Luis Matos, Dulce de Uzcátegui, Yolanda Fombona e Ignacio Avalos en Venezuela; Fabio Erber y José Tavares en Brasil; Fernando Gonzales Vigil en Perú; KunMo Chung, ChanMo Park y DukNon Yoon en la República de Corea; Anil Malhotra en la India; Nikola Kljusev en la República de Macedonia; y Adel Sabet en Egipto.

y por Francisco Sagasti y Mauricio Guerrero. Herrera puso énfasis en las contradicciones entre las políticas orientadas hacia la creación de capacidades en ciencia y tecnología, y la demanda por estas capacidades que se deriva del "proyecto nacional" al cual aspiran las clases sociales que ejercen directa o indirectamente el control político. Para Herrera, "la política científica real —la política científica implícita— es muy diferente a [las políticas de apoyo formal a la ciencia, principalmente declarativas, que son las políticas explícitas]. El objetivo de las clases dominantes no es crear sistemas de investigación y desarrollo que llevarán a la autonomía científica de los países. Su objetivo es crear un sistema científico y tecnológico que ayude a resolver problemas menores sin cuestionar al sistema en sí".<sup>239</sup> Flores Guevara preparó una guía metodológica para examinar las políticas implícitas en varios sectores productivos en el Perú, dando pautas para el análisis de los dispositivos legales y planes de desarrollo, y para obtener información sobre el comportamiento empresarial.<sup>240</sup>

Por su parte, Francisco Sagasti y Mauricio Guerrero contrastaron la "política explícita" de ciencia y tecnología, con la "política implícita" resultante del impacto que tienen sobre las capacidades científicas y tecnológicas las características del sistema económico y una diversidad de políticas públicas —financiera, crediticia, laboral, educativa, entre otras. La noción de "política explícita equivalente" fue propuesta para poner de relieve la manera en que este contenido implícito de política científica y tecnológica de otras políticas frecuentemente contradecía los principios y objetivos vinculados a la creación y consolidación de capacidades en ciencia y tecnología. Integrando el impacto negativo de las características del sistema económico vigente en varios países de la región en el decenio de 1970 (dualismo tecnológico, subutilización de la capacidad instalada, predominio de la inversión extranjera, conservadurismo empresarial, alta inflación, entre otras) y de las políticas públicas (crediticias, fiscales, arancelarias, inversiones, laborales, entre otras), Sagasti y Guerrero formularon lo que hubiera sido la "política explícita equivalente" de ciencia y tecnología a mediados del decenio de 1970 en varios países de América Latina:

La capacidad científica y tecnológica del país no necesita ser desarrollada más allá de un nivel mínimo. La mayoría de los conocimientos tecnológicos al ser utilizados en actividades productivas deben ser importados, particularmente de los países altamente industrializados en los cuales la tecnología es más avanzada, aun cuando esto implique altos costos. En consecuencia sólo las actividades científicas y tecnológicas estrictamente necesarias, particularmente aquellas rutinarias que no involucran investigación, deben ser realizadas localmente.

Las empresas de mayor tamaño y más modernas, en especial aquellas vinculadas a firmas extranjeras, son las únicas que deberían usar insumos científicos y tecnológicos

239 Amílcar Herrera 1973.

240 Gustavo Flores Guevara 1975.

avanzados. Todas las otras empresas deberían usar métodos y técnicas de producción tradicionales, aun si son obsoletos [...]

Las empresas locales deben ser protegidas de la competencia de empresas en otros países, particularmente aquellas fuera del ámbito latinoamericano. Deben darse garantías para que las empresas operen con utilidades aun cuando sean ineficientes, y el que usen o no tecnologías adecuadas a las condiciones locales es irrelevante.

Tecnologías intensivas en capital deben ser preferidas a aquellas intensivas en mano de obra. Debe otorgarse incentivos a las empresas para que inviertan fuertemente en bienes de capital, aun si estos no son usados eficientemente. Dichos equipos y bienes de capital deberían ser adquiridos en el exterior cada vez que sea posible, y por lo tanto no hay necesidad de fomentar el desarrollo de métodos de producción [...] o tecnologías mejor adaptadas a las condiciones locales mediante la realización de actividades científicas y tecnológicas.<sup>241</sup>

Es poco probable que algún político, planificador, funcionario o empresario de esa época estuviera de acuerdo en que estos planteamientos reflejan la política gubernamental. Sin embargo, ésta es la forma en que una política explícita equivalente —es decir, la política científica y tecnológica realmente existente— hubiera descrito las consecuencias de otras políticas gubernamentales y de las características del sistema económico sobre las capacidades científicas y tecnológicas.

#### 5.4 Ciencia y tecnología: el papel de los organismos internacionales

Las secciones precedentes han mencionado en varias ocasiones el papel que cumplieron los organismos internacionales en promover la ciencia, tecnología e innovación en América Latina. Sin la activa participación y el apoyo de instituciones como la UNESCO, la CEPAL, la OEA, el BID, el IDRC de Canadá, la OCDE, el Banco Mundial, el PNUD, la OIT, la ONUDI, la OPS, además de varios organismos regionales y subregionales, como la Junta del Acuerdo de Cartagena (Pacto Andino), la Corporación Andina de Fomento (CAF), el Sistema Económico Latinoamericano (SELA), los convenios Andrés Bello e Hipólito Unanue en los países andinos, y el MERCOSUR, entre otros, no hubiera sido posible difundir las ideas, estrategias, programas y propuestas que permitieron un avance en las políticas científicas y tecnológicas de la región. Estas entidades proporcionaron información y asistencia técnica, auspiciaron estudios y otorgaron becas de estudio, emplearon su influencia y capacidad de convocatoria, y financiaron la creación de capacidades en ciencia, tecnología e investigación.<sup>242</sup>

<sup>241</sup> Francisco Sagasti y Mauricio Guerrero 1974: 27-34.

<sup>242</sup> Un volumen editado por Charles Weiss y Nicolás Jequier (1984) examina en detalle el papel que cumplió el Banco Mundial como "institución tecnológica", considerando el volumen de sus préstamos y donaciones en este campo, la manera en que actuaba en una diversidad de sectores, los procesos de decisión y el grado de adecuación de las tecnologías seleccionadas por él, y las actividades para crear capacidades científicas y tecnológicas.

Sin embargo, la actuación de muchos de estos organismos no estuvo libre de problemas y controversias. Sus propuestas de política no siempre coincidieron y algunas mostraron inconsistencias y aun contradicciones, lo que generó confusión en los países de la región. Las rivalidades entre los organismos internacionales, y entre éstos y los organismos regionales y nacionales, particularmente por el acceso a recursos financieros, llevaron frecuentemente a duplicaciones y a la fragmentación de esfuerzos. Estas rivalidades reflejaban en muchos casos los problemas e inconsistencias de la administración pública en los países de la región, en donde uno u otro organismo internacional buscaba aliarse con determinado ministerio o agencia para contrarrestar la influencia de otros organismos. Las pugnas entre los ministerios de educación, finanzas, industria, planeamiento, relaciones exteriores, entre otros, y entre los consejos de investigación, universidades, institutos públicos de investigación, gremios empresariales y asociaciones profesionales, se trasladaron muchas veces a la arena internacional y crearon dificultades, y hasta incidentes diplomáticos. Las personalidades y estilos de liderazgo de las autoridades nacionales e internacionales influyeron también fuertemente en estos conflictos.

Si bien es necesario un grado razonable de racionalización en las iniciativas de los organismos internacionales para no caer en contradicciones flagrantes, y para evitar duplicaciones y fragmentaciones excesivas, la experiencia latinoamericana con los organismos internacionales en el campo de la ciencia, tecnología e innovación muestra la necesidad de contar con fuentes diversas de información, asesoría y asistencia técnica, de tal manera de evitar la predominancia de un solo conjunto de ideas y planteamientos. Al mismo tiempo, confirma la importancia de reforzar la capacidad de las entidades nacionales de política científica, tecnológica y de innovación para hacer el mejor uso posible de lo que pueden ofrecer los organismos internacionales.

#### 5.5 Etapas de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina

Las perspectivas, líneas de pensamiento y prácticas sobre políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina reseñadas en las secciones anteriores fueron cambiando durante los últimos seis decenios. El centro de gravedad de las preocupaciones centrales se fue desplazando de un conjunto de temas a otro, lo que permite distinguir cinco etapas, parcialmente superpuestas pero claramente diferenciadas, en su evolución (tabla 1):

- Una etapa inicial de "empuje de la ciencia", que se extendió desde inicios del decenio de 1950 hasta fines del de 1960.
- Una etapa de "regulación de la transferencia de tecnología", que comenzó a fines del decenio de 1960 y duró hasta fines del de 1970.

- Una etapa de “instrumentos de política y enfoque de sistemas”, que comenzó a principios del decenio de 1970 y se extendió hasta mediados del de 1980.
- Un etapa de “ajuste económico y transformación de la política de ciencia y tecnología”, que comenzó con la crisis de la deuda latinoamericana a principios del decenio de 1980, abarcó toda la década perdida del ochenta, y se extendió hasta mediados de 1990.
- Una etapa de “sistemas de innovación y competitividad”, que se inició a fines del decenio de 1980 y continuó hasta después del cambio de siglo.

Esta última etapa, que se examina en la siguiente sección, sentó las bases para el período de “renovación de la política de ciencia, tecnología e innovación”, que se inició a principios del decenio del 2000 y que estamos viviendo en la actualidad, al cual dedicaremos el próximo capítulo.

No todos los países de la región siguieron estas etapas al mismo ritmo, al mismo tiempo y en estricta secuencia, pero en general puede apreciarse que la evolución de la ideas y la práctica de la política científica y tecnológica durante el último medio siglo ha seguido el derrotero aquí delineado.<sup>24</sup> Los temas mencionados en la sección precedente —ciencia, tecnología y desarrollo en contexto; factores que condicionan el desarrollo de capacidades en ciencia y tecnología; e interacciones, estrategias y políticas vinculadas al enfoque de sistemas— estuvieron presentes en estas fases de distintas maneras y fueron reinterpretándose una y otra vez con el paso del tiempo.

A riesgo de repetir algunas de las ideas reseñadas anteriormente, esta sección describe brevemente las etapas por las cuales evolucionó el diseño y puesta en práctica de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en la región. Relacionaremos cada una de estas etapas con el esquema conceptual propuesto en la sección 2.2, resaltando en los diagramas las principales interacciones que concitaron la atención de estudiosos y formuladores de políticas en cada una de ellas.

Pese a esta evolución de las ideas y planteamientos, es preciso aceptar que, con algunas excepciones en sectores específicos y en los países con mayor capacidad en ciencia y tecnología, la puesta en práctica de estas políticas fue parcial y a veces errática, y su impacto no ha sido muy significativo en la creación y consolidación de capacidades para generar y utilizar conocimientos en la región, al punto tal que la participación latinoamericana en la producción científica y tecnológica mundial no se alteró de manera apreciable durante la última mitad del siglo 20.

<sup>24</sup> Por ejemplo, Cuba siguió una trayectoria distinta a la de los otros países de la región a partir de 1959. Véase: Tirso W. Sáenz y Emilio García Capote 1981a: 181-208; y 1981c: 209-224.

TABLA 1. Cronología de las etapas de la política de ciencia, tecnología e innovación en América Latina

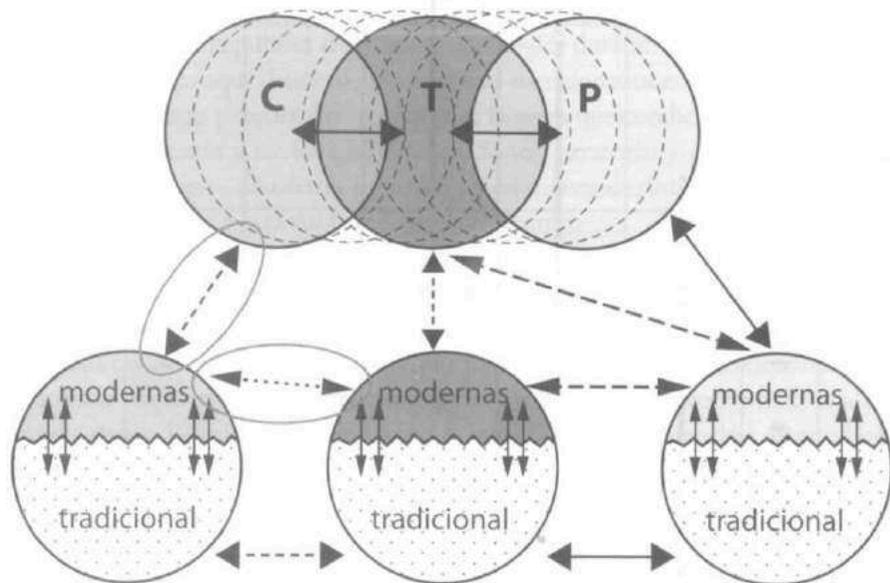
ETAPAS	PERÍODOS					
	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009
Empuje de la ciencia	—————	.....				
Regulación de la transferencia de tecnología		.....	.....			
Instrumentos de política y enfoque de sistemas			.....	.....		
Ajuste y transformación de la política científica y tecnológica				.....	.....	
Sistemas de innovación y competitividad					.....	.....
Renovación de la política de ciencia tecnología e innovación						.....

Examinaremos las cuatro primeras etapas en esta sección, para dedicar la siguiente sección a la etapa de sistemas de innovación y competitividad.

### 5.5.1 Empuje de la ciencia

Durante esta primera etapa prevaleció una perspectiva lineal que ponía énfasis en apoyar y promover la investigación científica, a partir de cuyos resultados se desarrollarían tecnologías, las cuales a su vez serían incorporadas en actividades productivas. De esta forma, se supuso la existencia de un continuo ciencia-tecnología-producción, que privilegió el establecimiento de una infraestructura de institutos de investigación científica, proceso en el cual las universidades desempeñaron un papel dominante, aunque también se crearon numerosos centros de investigación en el sector público.

FIGURA 2. Empuje de la ciencia



Se prestó mucho menos atención al comportamiento tecnológico de las empresas y, pese a algunas iniciativas aisladas, no se vinculó activamente a la investigación científica universitaria con las empresas. No obstante, siguiendo la pauta establecida en los decenios de 1940 y 1950 en los Estados Unidos, Japón y Europa, varios países de la región crearon instituciones de normas técnicas y centros de productividad los cuales, impulsados por las demandas del proceso de industrialización por sustitución de importaciones, pusieron énfasis en la introducción de métodos modernos de ingeniería industrial en la gestión empresarial. Los conocimientos y tecnologías tradicionales no

fueron tomados en cuenta y se trató de intensificar los vínculos con los centros de investigación en los países científicamente más avanzados. También se le dio prioridad a la creación de institutos de investigación científica del más alto nivel y a vincularlos con la comunidad científica internacional, bajo el supuesto que los resultados de la investigación llevarían automáticamente a la creación de tecnología, que luego se incorporaría naturalmente en el sector productivo.

La legitimación internacional de estas iniciativas la proporcionaron la Conferencia Mundial sobre Ciencia y Tecnología para el Beneficio de los Países de Menor Desarrollo de Ginebra organizada por las Naciones Unidas en 1963, las asambleas generales y una serie de informes de la UNESCO durante los decenios de 1950 y 1960, y varios seminarios organizados por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, la OEA, la OPS y el BID. Estos eventos crearon espacios para que los científicos latinoamericanos presentaran sus puntos de vista ante las autoridades gubernamentales. En algunos casos, esto dio lugar a aumentos considerables en el presupuesto destinado a la investigación en institutos estatales y en las universidades, sobre todo en ciencias de la salud y energía nuclear. Las principales instituciones de política científica y tecnológica establecidas durante este período fueron los "consejos nacionales de investigación".

### 5.5.2 Regulación de la transferencia de tecnología

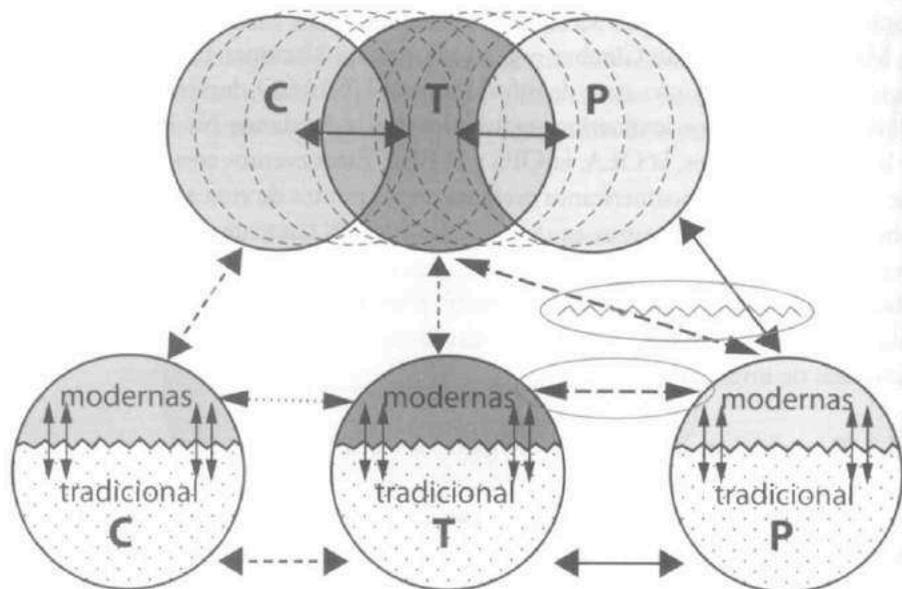
La segunda etapa abarcó todo el decenio de 1970. Los primeros años de esta década estuvieron dominados por preocupaciones acerca del costo de la transferencia de tecnología y de las tecnologías apropiadas a los países de la región.

En esta etapa se puso énfasis en regular los flujos de inversión extranjera y transferencia de tecnología (principalmente a través de contratos de licencia y la importación de maquinaria, equipo e insumos) para evitar su posible efecto negativo sobre la balanza de pagos y fomentar el uso de fuentes locales de tecnología, que se suponían más apropiadas a la producción local. Además, se privilegiaron los mercados internos y los acuerdos de integración regional, prestando menos atención a las exportaciones y a la promoción de la inversión extranjera.

En gran medida, estas políticas fueron una reacción a las consecuencias del traslado y ubicación de plantas industriales en los países de América Latina en el marco de la industrialización por sustitución de importaciones, que motivó un creciente entusiasmo por sus efectos en el crecimiento de la industria, la generación de empleo y el aumento de la productividad. Sin embargo, debido a que muchas de estas plantas se instalaron principalmente para aprovechar la protección arancelaria que otorgaron los gobiernos, el costo asociado a dichos beneficios se manifestó en

una serie de desequilibrios en las cuentas externas, relacionados principalmente con los aumentos en la importación de insumos y maquinaria, el poco dinamismo de las exportaciones de productos manufacturados, el aumento de las remesas de utilidades de los inversionistas extranjeros, y los pagos por regalías asociadas a los contratos de licencia para importar tecnología.

FIGURA 3. Regulación de la transferencia de tecnología



### 5.5.3 Instrumentos de política y enfoque de sistemas

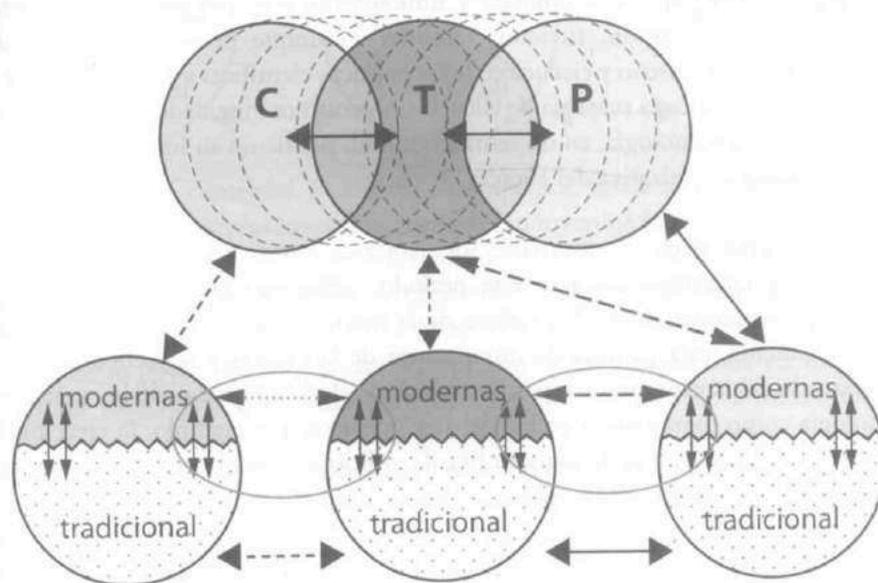
La tercera etapa se inició hacia principios del decenio de 1970 y se extendió hasta los primeros años del siguiente decenio. Una de las preocupaciones centrales durante esta etapa fue examinar el impacto real de las políticas científicas y tecnológicas sobre el comportamiento de los agentes económicos y las entidades de la comunidad científica y tecnológica.

Adoptando una perspectiva proveniente del enfoque de sistemas, en esta etapa se dio prioridad a los esfuerzos por comprender y mejorar el comportamiento tecnológico empresarial y de sectores productivos, a la absorción y apropiación de la tecnología moderna importada, a estimular la demanda de tecnología doméstica para mejorar la capacidad tecnológica de las empresas públicas y privadas, a vincular la investigación y la oferta de tecnología con el desarrollo tecnológico, y a mejorar los

instrumentos para poner en práctica las políticas de ciencia y tecnología. Se otorgó menos énfasis a las actividades científicas y su relación con la comunidad científica internacional, y a la internacionalización de las actividades productivas.

El alcance de las políticas de ciencia y tecnología fue ampliándose en forma considerable para integrar una multiplicidad de aspectos, en contraste con el énfasis preponderante en la investigación científica y en la transferencia de tecnología que había caracterizado a las dos etapas anteriores. Durante esta tercera etapa varios "consejos nacionales de investigación" se transformaron en "consejos nacionales de ciencia y tecnología".<sup>244</sup> Asimismo, las preocupaciones por el uso de tecnologías apropiadas, y por recuperar y mejorar la tecnología tradicional, irrumpieron en la escena de la política científica y tecnológica, poniendo en discusión temas relacionados con el uso social de la tecnología y su impacto sobre los grupos de menores ingresos. Se puso menos énfasis en las vinculaciones de la comunidad científica doméstica con su contraparte internacional, y en la relación entre las actividades productivas locales y globales.

FIGURA 4. Instrumentos de política y enfoque de sistemas



Durante este período se diferenció entre la "política científica" y la "política tecnológica", lo que dio lugar a acalorados debates, particularmente a medida que

<sup>244</sup> Para una evaluación del papel de los consejos, véase Eduardo Amadeo 1979: 149-166.

los investigadores que habían adoptado un “punto de vista científico” comenzaron a perder terreno frente a los economistas e ingenieros que adoptaron una “perspectiva tecnológica” sobre cuestiones de política de ciencia y tecnología. Sin embargo, como se indicó anteriormente (sección 5.3.3), el enfoque de sistemas no llegó a postular una teoría del comportamiento de los principales agentes que intervenían en el proceso de capacidades de ciencia y tecnología, y permaneció en el nivel de lo que Floreal Forni y Raúl Bisio denominaron un enfoque de “análisis estructural-funcional”.<sup>245</sup>

#### 5.5.4 Ajuste económico y transformación de la política científica y tecnológica

El comienzo de la cuarta etapa coincidió con la crisis económica que experimentó América Latina a principios del decenio de 1980. Los estragos de la “década perdida” en la región fueron atribuidos, en gran medida, a un “exceso de intervención estatal” y, en contraposición, se arguyó que el éxito económico de los países asiáticos se debía que en éstos se había dejado operar a las fuerzas del mercado sin interferencia estatal —y a pesar de no ser cierto, este argumento tuvo una gran difusión e impacto.<sup>246</sup> Los principios de apertura comercial, liberalización financiera, neutralidad en la política económica y limitada intervención estatal asociados al Consenso de Washington, tuvieron también —aunque de manera indirecta— consecuencias en el diseño y ejecución de las políticas científicas y tecnológicas en los países de la región. En la mayoría de ellos, los organismos vinculados a la promoción de la ciencia y la tecnología, en un sentido amplio, perdieron su importancia dentro de la estructura organizativa del Estado.

La mayor parte de los países de América Latina redujo sus inversiones en ciencia y tecnología durante este período, reflejando la disminución de los ingresos gubernamentales y el deterioro de la situación económica.<sup>247</sup> Sin embargo, paradójicamente, esta pérdida de importancia de la ciencia y la tecnología en un contexto de crisis económica se vio acompañada de la aparición de la ciencia y la tecnología como tema crítico en los debates políticos. Por ejemplo, la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología en Brasil confirió a estos asuntos un papel mucho más destacado en la discusión pública, y ayudó a revertir la reducción que sufrieron las asignaciones gubernamentales destinadas a la ciencia y tecnología a mediados del decenio de 1980.<sup>248</sup> En otros países la nueva importancia de los temas de ciencia y tecnología se derivó de las presiones que generó la deuda externa y la consiguiente necesidad de aumentar las exportaciones. Se recaló la necesidad de desarrollar

<sup>245</sup> Floreal Forni y Raúl Bisio 1975: 185-189.

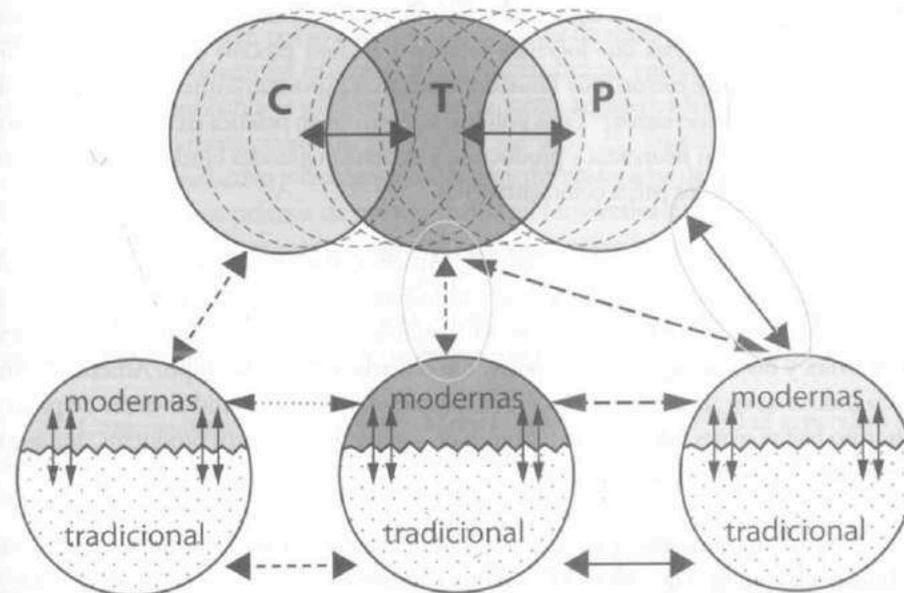
<sup>246</sup> Colin Bradford 1988.

<sup>247</sup> Francisco Sagasti y Cecilia Cook 1987: 1006-1026.

<sup>248</sup> Emanuel Adler 1987; y Fabio Erber 1984.

capacidades científicas y tecnológicas internas para apoyar la industrialización orientada hacia la exportación.<sup>249</sup>

FIGURA 5. Ajuste económico y transformación de la política científica y tecnológica



La apertura comercial, financiera y tecnológica, unida a las reducciones en los presupuestos públicos y las inversiones privadas en investigación y desarrollo, abrieron poco espacio para una vinculación más estrecha entre ciencia, tecnología y producción en los países de la región. Esta etapa se caracterizó también por un renovado énfasis en el aumento de la productividad a través de mejoras en la organización de la producción que requerían poca inversión de capital, y por una preocupación cada vez mayor por la gestión tecnológica en la empresa. Asimismo, los trabajos sobre transformación productiva con equidad y sobre paradigmas tecnoeconómicos ayudaron a replantear muchas de las ideas prevalecientes hasta entonces. Por último, el ritmo cada vez más acelerado de la innovación tecnológica y el impacto de las nuevas tecnologías sobre las economías latinoamericanas dieron lugar a la organización de varios estudios de prospectiva tecnológica.<sup>250</sup>

<sup>249</sup> Hugo Notchell 1987; y Francisco Sercovich 1988.

<sup>250</sup> Véase, por ejemplo: Jorge Katz 1986; Carlos Ominami 1986; Aldo Ferrer 1989; Ricardo French-Davis, Morris Teubal y Jaime Ros 1990; Eduardo Doryan Garrón 1992; María Inés Bastos y Charles Cooper 1995; Claudio de Moura Castro y otros 1998; y Jorge Katz 2000a.

## 5.6 Sistemas de innovación y competitividad

Esta etapa se inició durante el decenio de 1990 a medida que se fueron superando los efectos negativos de las políticas de ajuste estructural y liberalización económica, financiera y comercial. Las consecuencias de aplicar las políticas asociadas al Consenso de Washington se vieron reflejadas en una mejora en los equilibrios macroeconómicos, particularmente en lo referente a inflación, balanza comercial y tasas de cambio, y en un aumento de eficiencia productiva en las empresas que lograron sobrevivir el duro proceso de liberalización. Sin embargo, los resultados fueron muy limitados en cuanto a una transformación estructural de las economías latinoamericanas.<sup>251</sup> Estas políticas se pusieron en práctica en el contexto de una acelerada globalización financiera y productiva, y generaron grandes brechas en los ingresos, tanto en el interior de los países como entre ellos.

Como resultado de estas reformas, América Latina regresó a un patrón de especialización en recursos naturales, en industrias intensivas en mano de obra, en productos industriales básicos, en bienes no-transables y en la producción de bienes como automóviles y otros equipos de transporte. De acuerdo a Katz y Stumpo, América Latina poseía industrias en sectores productivos en los que la demanda mundial crecía despacio y donde no hay mayores esfuerzos en términos de ingeniería de nuevos productos, aunque sí en mejoras de procesos y organización.<sup>252</sup>

Podría argumentarse que una vez eliminadas las distorsiones en los mercados, atribuidas a las políticas de industrialización por sustitución de importaciones desarrolladas a partir del decenio de 1950, los agentes económicos retomaron las actividades en las cuales los países latinoamericanos tienen ventajas comparativas y en las que han acumulado capacidades tecnológicas y de producción. Sin embargo, ésta sería una lectura superficial de los cambios en las políticas y las estructuras productivas de la región. Las políticas de promoción industrial durante los decenios de 1950 a 1980 —así como las políticas de ciencia y tecnología que apoyaron el desarrollo de la industria, la agricultura, la minería y la pesca, entre otros sectores— ayudaron a crear la capacidad productiva y tecnológica sin la cual no hubiera sido posible crecer al ritmo que lo hizo la región durante esos tres decenios, ni tampoco desarrollar la limitada capacidad de innovación tecnológica de que disponen algunos países latinoamericanos en la actualidad.

Con el beneficio de una mirada retrospectiva, el principal problema que enfrentó Latinoamérica durante el período de sustitución de importaciones es la rigidez con que se aplicaron las políticas de promoción industrial, la manera indiscriminada en que se pusieron en práctica, y que se mantuvieron por un tiempo excesivo, mucho más de lo que

<sup>251</sup> Nola Reinhardt y Wilson Peres 2000: 1543-1566; y Jorge Katz 2000b: 1583-1596.

<sup>252</sup> Jorge Katz y Giovanni Stumpo 2001. Estos planteamientos hicieron eco y actualizaron las preocupaciones iniciales de la CEPAL (véase la sección 5.2.2).

era realmente necesario o conveniente (y de lo que habían propuesto sus promotores en la CEPAL). Además, no puso énfasis, como lo hicieron los países del sudeste asiático, en la promoción de exportaciones y en la disciplina que imponía la necesidad de penetrar y competir en los mercados internacionales.

De acuerdo a Carlota Pérez, “el modelo de industrialización por sustitución de importaciones favoreció grandes tasas de crecimiento en muchos países latinoamericanos durante casi dos décadas, por lo cual fue una estrategia de suma positiva brillante y efectiva para los países en desarrollo empeñados en industrializarse, cuando las tecnologías de esa revolución se acercaban a la madurez”.<sup>253</sup> Por lo tanto, su adecuación e impacto no deben examinarse únicamente desde la perspectiva del siglo 21, cuando las condiciones del entorno global productivo y tecnológico son muy diferentes a las de mediados del siglo 20. De haberse puesto en práctica de manera más flexible, selectiva y por plazos menores, y de haberse acompañado con medidas agresivas para promover las exportaciones y desarrollar una capacidad científica y tecnológica (tal como lo hicieron la República de Corea, Singapur y Malasia, por ejemplo), América Latina contaría en la actualidad con un sector productivo más eficiente y competitivo en actividades con mayor contenido de conocimiento.

Como se indicó en la sección 3.4, durante el decenio de 1990 se generalizó en el ámbito internacional el concepto de “sistema de innovación” o “sistemas de innovación tecnológica”, que pone énfasis en las interrelaciones entre una gran variedad de agentes que participan en los procesos de cambio técnico e innovación tecnológica en las economías de mercado. A diferencia de la fase de instrumentos de política y enfoque de sistemas, que fue en gran medida orientada hacia las capacidades internas, en la fase de sistemas de innovación se consideraron muy importantes las vinculaciones con las fuentes internacionales de conocimiento, tecnología y actividades productivas. Más aún, la concepción de sistemas de innovación tiene en su base una teoría económica evolucionista, tanto para el nivel macro de desempeño de la economía en conjunto como para el nivel micro de comportamiento empresarial, algo de lo que careció el enfoque de sistemas vigente durante el decenio de 1970.

De esta forma, durante el decenio de 1990, al igual que en otras partes del mundo, en América Latina se difundió y aceptó la idea de que las interacciones entre una gran diversidad de agentes que intervienen en los procesos de innovación requieren de una efectiva coordinación. Esta coordinación abarca una amplia gama de políticas públicas explícitas e implícitas, los esfuerzos tecnológicos que realizan las empresas, las intervenciones de instituciones financieras especializadas (por ejemplo, en capital de riesgo o grandes proyectos de inversión), los programas de organizaciones educativas que forman profesionales y técnicos, y la provisión de una multiplicidad de servicios tecnológicos que prestan las agencias

<sup>253</sup> Carlota Pérez 2002: 6.

gubernamentales, las entidades privadas y las organizaciones de la sociedad civil.<sup>254</sup> Todo esto debe orientarse hacia establecer un proceso de aprendizaje continuo, particularmente en las empresas productivas y de servicios, y también hacia un aprendizaje en el diseño y puesta en práctica de políticas públicas para promover la innovación y la competitividad.<sup>255</sup>

A fines del decenio de 1990 el Banco Interamericano de Desarrollo realizó una evaluación de los programas de ciencia y tecnología que había cofinanciado desde 1968, y comprobó que estas operaciones habían aumentado las capacidades de investigación científica y desarrollo tecnológico. Sin embargo, constató también que los esfuerzos por mejorar las vinculaciones entre las instituciones de investigación y los procesos de desarrollo socioeconómico no habían tenido el éxito esperado.<sup>256</sup> La evaluación recomendó que en operaciones futuras se adoptase un enfoque de sistemas nacionales de innovación que incorpore la difusión, asimilación y el uso de tecnologías. En base a esta recomendación, durante el decenio del 2000 el BID patrocinó diagnósticos para analizar el estado de los sistemas de innovación en la región.<sup>257</sup>

Durante esta etapa el papel de los consejos de ciencia y tecnología se hizo más difuso y menos importante, sobre todo en la medida en que se lanzaron iniciativas para aprovechar las oportunidades de penetrar en nuevos mercados. En respuesta a los diagnósticos que destacaron el imperativo de competir en mercados regionales y globales, en algunos países de la región se organizaron programas de apoyo directo a las empresas para mejorar su competitividad. Destacan entre ellos los programas de asistencia técnica y administrativa para mejorar la productividad de las pequeñas y medianas empresas; la provisión de incentivos tributarios para que las empresas realicen actividades tecnológicas e incorporen nueva maquinaria y equipo; los programas para mejorar la calidad y lograr certificaciones tipo ISO (International Standards Organization) que facilitan el acceso a los mercados internacionales; las medidas para incentivar la creación de empresas incubadas en universidades y centros de investigación; la creación de parques tecnológicos para atraer inversiones de empresas extranjeras de alta tecnología; y los incentivos para establecer conjuntos (clusters) de medianas y pequeñas empresas alrededor de grandes empresas con mayor capacidad tecnológica.<sup>258</sup>

Además, durante el decenio de 1990 las políticas sectoriales en países como Brasil y Chile, que se habían iniciado en décadas anteriores, combinaron incentivos financieros, apoyo tecnológico, capacitación y servicios para las empresas industriales, lo que permitió a muchas de ellas, no sólo sobrevivir, sino alcanzar niveles mundiales de competitividad. Una de las limitaciones más importantes para invertir en innovación tecnológica es la incertidumbre que la caracteriza, ya que sólo un número limitado de iniciativas culmina en éxito comercial.

254 Ludovico Alcorta y Wilson Peres 1996; Judith Sutz 2001.

255 Véase, por ejemplo, Leiner Vargas 1999; y Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 1999.

256 Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 1998; Carlos Abeledo 1998.

257 Véase, por ejemplo, James Mullin, Luis Javier Jaramillo y Carlos Abeledo 2007; Gustavo Crespi 2010.

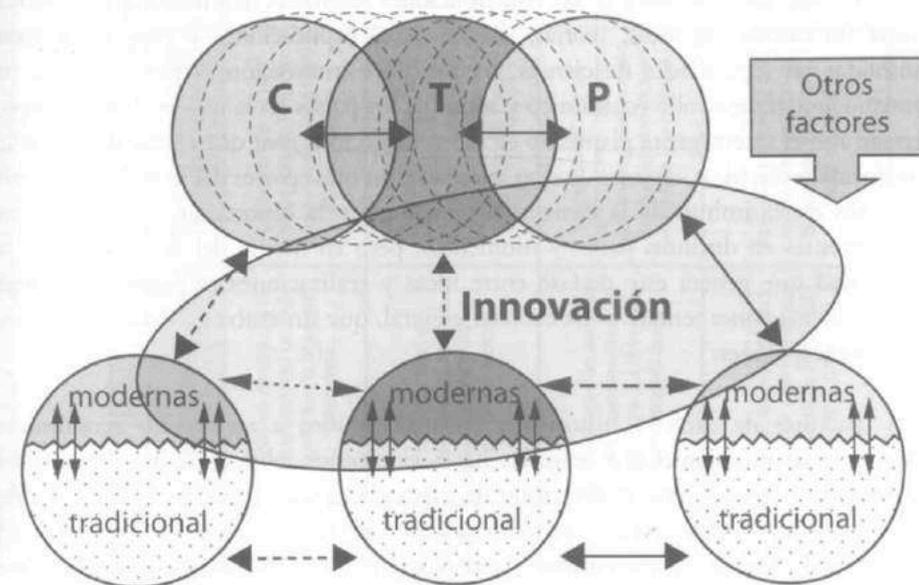
258 Por ejemplo, véase: Tilman Altenburg y Jorge Meyer-Stamer 1998; y Juana Kuramoto 1999.

Por lo tanto, los instrumentos de política orientados hacia disminuir y compartir los riesgos inherentes en el proceso de innovación cobraron mayor importancia, sobre todo en los países que habían avanzado en la creación de capacidades domésticas en ciencia y tecnología.

Al mismo tiempo, si bien en muchos países de la región se redujo el ámbito de acción de las instituciones financieras de promoción industrial, en algunos de ellos se establecieron y consolidaron fondos y programas especializados para apoyar la inversión en desarrollo tecnológico e innovación, y en empresas intensivas en tecnología. Algunos de estos programas contaron con el apoyo del BID, a través de préstamos para cofinanciar programas de ciencia, tecnología e innovación.<sup>259</sup>

Sin embargo, pese a los avances conceptuales y a excepciones en sectores específicos, al iniciarse el siglo 21 no se había llegado a establecer plenamente un conjunto de sistemas de innovación en la región, sea ya en los ámbitos nacional, regional o sectorial. Incluso en los países que tienen mayor desarrollo institucional en el campo de la ciencia y la tecnología, tales como Brasil, México y Argentina, la creación y consolidación de sistemas de innovación era, al iniciarse el nuevo siglo, una tarea pendiente.<sup>260</sup>

FIGURA 6. Sistemas de innovación y competitividad



259 Carlos Abeledo 1998.

260 En el caso de México, el tratado de libre comercio con los Estados Unidos y Canadá dio origen a un fuerte aumento de las inversiones extranjeras en el sector industrial y a la expansión de algunas empresas mexicanas hacia esos dos países, lo que generó un nuevo patrón de demanda por servicios tecnológicos orientados a mejorar la productividad y la calidad de los productos.

En el ámbito de las ideas, el concepto de sistema de innovación terminó de desplazar al modelo lineal del cambio tecnológico y productivo, que aún mantenía algunos adeptos entre quienes adoptaban una perspectiva científica sobre la política de ciencia y tecnología. De esta forma, hizo perder vigencia a la idea de "empuje de la oferta", de acuerdo a la cual los resultados de la investigación científica estimularían al sistema productivo a generar innovaciones, y también a la de "jale de la demanda", de acuerdo a la cual el sistema productivo exigiría descubrimientos e invenciones a los investigadores científicos y tecnológicos. Asimismo, las preocupaciones sobre transferencia de tecnología y selección de tecnologías apropiadas prácticamente desaparecieron de la escena.

### 5.7 A modo de resumen

Complementando el diagrama de la tabla 1 que presenta una cronología de las etapas de la evolución de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina, las tablas 2 y 3 resumen las ideas centrales de cada una de estas etapas, articulándolas con las líneas de pensamiento mencionadas anteriormente en este capítulo.

La variedad y riqueza de las contribuciones reseñadas demuestra que América Latina no careció de ideas, teorías, diagnósticos, explicaciones y propuestas para consolidar las capacidades de ciencia, tecnología e innovación, y para asegurar su contribución al desarrollo económico y social de los países en la región. Sin embargo, persiste aún el interrogante planteado en la introducción: ¿por qué no ha sido posible transformar estas ideas, algunas de ellas adoptadas en otras partes del mundo, en logros concretos en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la innovación? Las respuestas son diferentes en distintos países y momentos, pero en medio del desconcierto y la perplejidad que genera este desfase entre ideas y realizaciones es posible adelantar algunas afirmaciones tentativas de carácter general, que sin embargo dejan lugar para muchas excepciones.

Factores de carácter histórico y cultural, unidos a estructuras económicas desarticuladas internamente y sesgadas hacia el exterior, obstaculizaron la creación de espacios propicios para el desarrollo de capacidades científicas, tecnológicas y de innovación. La elites políticas y económicas no apreciaron suficientemente el papel que juega el conocimiento científico y tecnológico en el proceso de desarrollo, y los intelectuales se enfrascaron en debates de carácter más ideológico que pragmático acerca de la manera de crear y consolidar capacidades en este campo. Cuestionamientos al orden existente, propuestas de reforma radical y exhortaciones sin posibilidades reales de ponerse en práctica, se unieron a un sesgo voluntarista que marcó fuertemente muchos de los planteamientos de política en los decenios de 1960 y 1970. La crisis

TABLA 2. Ideas centrales en las distintas etapas de la política de ciencia, tecnología e innovación en América Latina, 1950 - 2000

Etapas de la política de ciencia, tecnología e innovación					
	Empuje de la ciencia	Regulación de la transferencia de tecnología	Instrumentos de política y enfoque de sistemas	Ajuste económico y transformación de políticas de ciencia y tecnología	Sistema de innovación y competitividad
<b>Líneas de pensamiento sobre ciencia, tecnología y desarrollo</b>	<b>Empuje de la ciencia</b>	<b>Regulación de la transferencia de tecnología</b>	<b>Instrumentos de política y enfoque de sistemas</b>	<b>Ajuste económico y transformación de políticas de ciencia y tecnología</b>	<b>Sistema de innovación y competitividad</b>
<i>Papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo y contexto en el que se ubican</i>	El avance científico y la generación del conocimiento son la base del desarrollo.	La tecnología es una mercancía, su importación indiscriminada tiene efectos nocivos.	El desarrollo debe reinter-pretarse en función de la capacidad de generar conocimiento y tecnología.	La ciencia y la tecnología no son importantes en sí, el funcionamiento del libre mercado es suficiente.	La innovación tecnológica es la base del crecimiento económico y la prosperidad.
<i>Factores que condicionan el desarrollo de capacidades en ciencia, tecnología e innovación</i>	La capacidad de investigación en las universidades y centros de investigación.	Regulación adecuada de la importación de tecnología y la inversión extranjera, información para negociar mejor.	Oferta y demanda de tecnología, instrumentos de política, alineación entre políticas explícitas e implícitas.	Neutralidad de política macroeconómica; evitar distorsiones de inversión estatal, privatización, ("precios conectados"; no escoger ganadores).	Balace entre iniciativa privada e intervención estatal, incentivos adecuados, provisión de infraestructura, políticas productivas promoción empresarial
<i>Cooperación en ciencia y tecnología. Organismos internacionales más activos</i>	La investigación científica lleva directamente a la tecnología y a la innovación (modelo lineal)	La regulación de las importaciones de tecnología favorece la creación de capacidades locales en ciencia y tecnología.	Interacciones entre componentes del sistema de ciencia y tecnología son clave para el diseño de estrategias y políticas.	Las estrategias de ciencia y tecnología no son necesarias, las señales de mercado orientan su desarrollo.	Es necesario una estrategia activa de inserción internacional (frente a liberalización comercial y competencia).
<i>Cooperación en ciencia y tecnología. Organismos internacionales más activos.</i>	Cooperación en educación superior y en investigación científica (UNESCO, OEA, BID)	Acciones conjuntas para regular importación de tecnología (UNCTAD, Pacto Andino)	Estudios comparativos sobre implementación de políticas (IDRC, OEA, BID, CEPAL, Banco Mundial, OIT)	Difusión de políticas de liberalización, "Consenso de Washington": (Banco Mundial, FMI, BID)	Diseminación de buenas prácticas en innovación y competitividad. (BID, OECD, UNESCO)

TABLA 3. Políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina 1950-2000: etapas y características

Etapa	Algunas características principales
<i>Empuje de la ciencia</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concepción lineal de las relaciones entre ciencia, tecnología e innovación</li> <li>• Apoyo a la comunidad científica y establecimiento de consejos de investigación</li> <li>• Creación de centros e institutos de investigación científica, especialmente universitarios</li> </ul>
<i>Regulación de la transferencia de tecnología</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preocupación por reducir el impacto negativo de la transferencia de tecnología</li> <li>• Creación de entidades públicas para regular la inversión extranjera directa, los contratos de licencia y los derechos de propiedad intelectual</li> <li>• Énfasis en seleccionar tecnologías apropiadas a las condiciones de la región</li> </ul>
<i>Instrumentos de política y enfoques de sistema</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énfasis en la puesta en práctica de políticas de ciencia y tecnología (instrumentos de política)</li> <li>• Análisis de interacciones y superación de inconsistencias entre políticas explícitas e implícitas de ciencia y tecnología</li> <li>• Perspectiva integral acerca de los actores que participan en la generación, importación, demanda, utilización y absorción de ciencia y tecnología</li> </ul>
<i>Ajuste y transformación de la política científica y tecnológica</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de inversiones en ciencia y tecnología</li> <li>• Desplazamiento de la investigación y el desarrollo tecnológico en las empresas</li> <li>• Mejoras en la organización de la producción para aumentar la productividad</li> <li>• Nuevos enfoques: competitividad espuria y auténtica; paradigmas tecnoeconómicos</li> </ul>
<i>Sistemas de innovación y competitividad</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énfasis en el comportamiento tecnológico empresarial, el entorno de políticas públicas y la absorción de conocimientos y tecnología provenientes del exterior</li> <li>• Apoyo a las empresas para mejorar su competitividad y enfrentar la apertura comercial</li> <li>• Consolidación de capacidades de investigación científica y desarrollo tecnológico</li> <li>• Mecanismos financieros para apoyar la innovación (fondos sectoriales, asociatividad)</li> </ul>

económica del decenio de 1980 frenó en gran parte de la región el incipiente desarrollo de capacidades tecnológicas vinculadas a los sectores productivos, y detuvo el proceso de aprendizaje en el diseño e implementación de políticas de ciencia, tecnología e innovación que, a saltos y trompicones, se había puesto en marcha. No obstante, en algunos países, sectores y áreas del conocimiento se continuó invirtiendo recursos y capital político, lo que ha permitido (por ejemplo, a Brasil) posicionarse adecuadamente para dar un salto cualitativo en capacidades de ciencia, tecnología e innovación.

Cabe destacar que la desconexión entre el pensamiento y la acción ha sido, en mayor o menor medida, característica de América Latina en muchos ámbitos de las políticas de desarrollo durante largo tiempo. Esto motivó a Raúl Prebisch a exigir, a mediados del decenio de 1980 y pocos días antes de su muerte, "una renovación de ideas, de ideas que van a la zaga de los acontecimientos".<sup>201</sup> La necesidad de renovación es aún más urgente en el campo de las políticas de ciencia, tecnología e innovación, particularmente cuando estamos entrando de lleno en la sociedad del conocimiento al iniciarse el segundo decenio del siglo 21.

<sup>201</sup> Raúl Prebisch 1986.

## 6. Ciencia, tecnología e innovación en América Latina a principios del siglo 21

Los capítulos precedentes han propuesto un marco conceptual integral para examinar las relaciones entre ciencia, tecnología, producción e innovación; analizado la evolución de la generación de conocimientos, los avances tecnológicos, las actividades productivas y la innovación en el ámbito global; examinado la forma en que estos procesos estuvieron asociados con el desarrollo a través de la historia en América Latina; y reseñado el diseño y la puesta en práctica de políticas de ciencia, tecnología e innovación en la región durante la segunda mitad del siglo 20.

Este capítulo resume el legado de la segunda mitad del siglo 20 en ciencia tecnología e innovación, hace referencia al repertorio de instrumentos de política de que dispone la región en este campo, presenta algunas iniciativas en marcha durante el decenio del 2000, describe los principios y criterios para la formulación de políticas y estrategias de ciencia, tecnología e innovación, y concluye con una apreciación de los principales desafíos y la agenda pendiente para América Latina. La idea es mostrar que, si bien la experiencia de varios decenios ha dejado un legado ambivalente e incierto, ha sentado también las bases para enmendar errores, superar limitaciones y aprovechar las posibilidades que ofrece el nuevo contexto global. Más aún, considerando los enormes desafíos que enfrenta la humanidad y la civilización moderna durante la primera mitad del siglo 21 (que se examinan brevemente en el capítulo siguiente), el acervo de recursos de todo tipo que posee la región, así como el proceso de aprendizaje por el que hemos transitado, permiten abrigar un optimismo matizado de cautela en cuanto a la creación y movilización de capacidades en ciencia, tecnología e innovación para explorar nuevos caminos hacia el desarrollo.

### 6.1 Un legado ambivalente

Reconociendo la gran heterogeneidad de América Latina y la diversidad de situaciones, intentaremos sin embargo ofrecer una apreciación de conjunto acerca del resultado de los esfuerzos a lo largo de varios decenios en ciencia, tecnología e innovación. A diferencia de la situación prevaleciente hace algunos decenios, en la actualidad se tiene acceso a varias fuentes de datos sobre la situación de la ciencia, tecnología e innovación en la región, que están disponibles en Internet y se actualizan periódicamente, lo que permite una apreciación más acertada de la magnitud del esfuerzo regional y su ubicación en el contexto global. Por esta razón, en vez de resumir en este texto la información disponible, preferimos remitir al lector a las fuentes que proporcionan datos estadísticos e indicadores para los países de América Latina y permiten comparaciones con otras regiones.<sup>262</sup>

<sup>262</sup> La Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT) ha realizado un destacado esfuerzo

Empleando el marco conceptual de los capítulos 2 y 3 es posible ofrecer algunas conclusiones generales que ayudan a poner en contexto las iniciativas del primer decenio del siglo 21 examinadas en las secciones siguiente. En primer lugar las medidas para promover la *generación de conocimientos*, centradas en la formación de recursos humanos de alto nivel y en la creación de capacidades de investigación científica en universidades y centros de investigación, aumentaron la producción de conocimientos científicos y tecnológicos, pero —salvo en algunos casos notables— no lograron vincularlos efectivamente a los procesos de desarrollo económico y social en la región, ni disminuir la brecha que la separa de los países tecnológicamente más avanzados.<sup>263</sup>

Algunos indicadores, tales como el número de maestrías y doctorados otorgados en los países de América Latina y la participación regional en la producción mundial de publicaciones científicas, han mejorado a lo largo del tiempo y sobre todo a partir de 1990, si bien aún muestran deficiencias al iniciarse el siglo 21. Por ejemplo, el número de doctorados en la región aumentó más de siete veces entre 1990 y 2007, pero a mediados del decenio del 2000 los títulos de doctor otorgados en las ciencias sociales y humanidades eran cinco veces más numerosos que la suma de los doctorados en ciencias exactas y naturales, ciencias médicas, ingeniería y tecnología, y ciencias agrícolas.<sup>264</sup>

a lo largo de más de 15 años para estandarizar y compilar información estadística, complementado por el de organismos internacionales. Algunas fuentes de datos e indicadores de capacidades y desempeño en ciencia, tecnología e innovación disponibles en Internet son: Academic Ranking of World Universities (ARWU), disponible en: <http://www.arwu.org/>; Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Science, Technology, and Innovation in Latin America and the Caribbean, BID, Nueva York, 2010, disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35384423>; Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), CyT DES Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Manual de Políticas Públicas, disponible en: <http://www.eclac.org/iyd/>; National Science Foundation's Division of Science Resources Statistics (SRS), Science and Engineering Indicators, 2010, disponible en: <http://www.nsf.gov/statistics/seind10/start.htm>; Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad, disponible en: <http://www.observatorioict.org/>; Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT), disponible en: [http://www.ricyt.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=149&Itemid=3](http://www.ricyt.org/index.php?option=com_content&view=article&id=149&Itemid=3); Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT), Políticas e Instrumentos en Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe, disponible en: <http://www.politicasci.net/>; Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT), Indicadores de Innovación en Latinoamérica, disponible en: <http://innovacion.ricyt.org/>; Red Internacional de Fuentes de Información y Conocimiento para la Gestión de la Ciencia, Tecnología e Innovación, disponible en: <http://www.scienti.net/php/index.php?lang=es>; SCIMAGO Institutional Rankings, [http://www.scimagoir.com/pdf/ranking\\_iberamericano\\_2010.pdf](http://www.scimagoir.com/pdf/ranking_iberamericano_2010.pdf); UNESCO, Red de Información sobre Política Científica. (SPIN: Science Policy Information Network), disponible en: <http://spin.unesco.org/uy/nuevobes/apps/unesco/frontend/menu.php?usr=&acc=#>.

<sup>263</sup> El rezago de América Latina en cuanto a la generación de conocimientos durante la primera mitad del decenio del 2000 fue caracterizado por Lea Velho 2004: 43-44 en los siguientes términos: "Existe una gran brecha de conocimiento entre los países de América Latina y el Caribe y las regiones tecnológicamente avanzadas [...] Si bien esta brecha se aplica a la región como todo y para los países considerados individualmente, también hay diferencias significativas entre los países de la región. En general, países como Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica y México tienden a tener un mejor desempeño [...] que los países más pequeños de América del Sur, América Central y el Caribe. [...] Si continúan las tendencias actuales, esta brecha crecerá". Para una descripción similar a la de este trabajo, pero usando indicadores diferentes, tales como el "technological achievement index" (índice de logros tecnológicos), véase: Thomas Nikoaj Hanse, Natalia Agapitova, Lauritz Holm-Nielsen y Ognjenka Goga Vukmirovic 2002. Un informe del BID seleccionó y compiló una serie de indicadores sobre ciencia, tecnología e innovación que permiten una apreciación de conjunto de la situación regional. Véase Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 2010c.

<sup>264</sup> Guillermo Lemarchand 2010: 47-51.

El número de publicaciones de América Latina como porcentaje de los artículos listados en los servicios de compilación de publicaciones (*Science Citation Index*, el *Social Science Citation Index*, y el *Arts and Humanities Citation Index*) aumentó progresivamente en la mayoría de los países entre 1972 y el 2009: en el caso del *Science Citation Index* aumentó del 1.6% en 1990 a 2.0% en 1995, a 2.9% en el 2000, y a 3.4% en el 2005.<sup>265</sup> Más aún, tomando el año 1999 como base, las publicaciones de América Latina y el Caribe registradas en el *Science Citation Index* aumentaron en más del doble hasta el 2008, mientras que el total de publicaciones registradas creció en un 40 por ciento. Empleando bases de datos especializadas en química, física, ingeniería, biología, medicina y ciencias agropecuarias, es posible apreciar mejoras significativas en la participación de América Latina y el Caribe en el total de publicaciones científicas mundiales.<sup>266</sup> Pese a estos avances, durante el primer decenio del siglo 21 América Latina contó con menos de cincuenta publicaciones científicas anuales por millón de habitantes, en comparación con las más de trescientas publicaciones de los países científicamente más avanzados.<sup>267</sup> Cabe notar que el desempeño de cuatro países —Argentina, Brasil, Chile y México— explica la mayoría de la participación regional y las mejoras en este indicador, algo que podría esperarse considerando la heterogeneidad de la región en cuanto a capacidades de ciencia y tecnología.

En segundo lugar, los intentos de contar con *capacidades tecnológicas avanzadas*, sean éstas vinculadas a la investigación científica regional o a la importación y absorción de tecnología, permitieron aproximarse a la frontera tecnológica sólo en algunos casos, y el continuo desplazamiento de esta frontera hizo muy difícil mantenerse cerca de ella.

Las estadísticas sobre patentes tienen una serie de limitaciones, particularmente porque patentar se ha convertido más en una estrategia empresarial para limitar la competencia que una manera de proteger el resultado del trabajo intelectual. Sin embargo, dan una aproximación general a las capacidades tecnológicas de un país. Durante los últimos dos decenios, el porcentaje de patentes otorgadas a residentes de la región ha oscilado alrededor del 1% del total de patentes asignadas a residentes en todo el mundo.<sup>268</sup> En el período 2005-2008 la posición relativa de la región en la producción mundial de patentes por 100 mil habitantes, calculada sobre la base de

265. Guillermo Lemarchand 2010: 40-53 y 65-74, y gráficas núms. 22, 23, 33, 34 y 36. Considerando que América Latina cuenta con aproximadamente el 8.5% de la población mundial, esta participación podría y debería ser aún mayor. Adicionalmente, la región cuenta sólo con cuatro premios Nobel en ciencias: tres argentinos, Bernardo Houssay, Luis Leloir y César Milstein, aunque este último hizo gran parte de su carrera en el Reino Unido, y un mexicano, Mario Molina, radicado por mucho tiempo en los Estados Unidos.

266. Véase [www.rieyt.org/](http://www.rieyt.org/). Agradezco a Mario Albornoz por la información actualizada sobre publicaciones científicas en la región.

267. Flora Painter y Pluvia Zuñiga 2010: 16.

268. Véase: Guillermo Lemarchand 2010: 77-80 y gráfica núm. 40.

una escala normalizada de 1 a 10, fue de 5.5 —un retroceso en relación con 1995-1998, cuando este indicador fue de 6.5. Como contraste, en el 2005 la República de Corea registró 150 patentes por cada 100 mil habitantes en la Oficina de Patentes de los Estados Unidos, mientras que la región registró menos de una. Asimismo, la baja proporción de exportaciones con alto contenido de tecnología en la región, que fue menos del 10% en el 2007, y un saldo desfavorable en la balanza de pagos tecnológica, que abarca las exportaciones e importaciones de servicios asociados a la propiedad intelectual, investigación y desarrollo, consultoría e ingeniería de diseño, demuestran que la región no ha logrado desarrollar y consolidar una base de actividades intensivas en conocimiento y tecnología avanzada.<sup>269</sup>

En tercer lugar, los avances hacia la *transformación de las estructuras productivas* fueron limitados y no permitieron una inserción más favorable en la división internacional del trabajo, una reducción de las grandes diferencias en los niveles de productividad en las empresas, mejoras sustantivas en la generación de empleo, y mayores excedentes y ahorro en las empresas. Los datos sobre la evolución de la productividad dejan en claro que América Latina está muy por debajo de su potencial: la productividad total de los factores en la región ha decrecido desde mediados del decenio de 1970.<sup>270</sup> Un trabajo realizado bajo los auspicios del BID llegó a la conclusión de que: "el lento crecimiento económico [de la región] se debe al lento crecimiento de la productividad; la productividad latinoamericana no está acercándose a la frontera, en contraste con la teoría y la evidencia en otras regiones; y la productividad latinoamericana es aproximadamente la mitad de su potencial".<sup>271</sup>

Para Mario Cimoli, João Carlos Ferraz y Annalisa Primi, las dificultades en lograr la transformación productiva están, en buena medida, relacionadas con las políticas adoptadas durante los decenios de 1980 y 1990:

Después de más de una década de liberalización económica, el resultado en América Latina y el Caribe es una estructura de producción simple, cada vez más fragmentada y desarticulada a nivel de la capacidad local, y más vinculada y dependiente del exterior, que absorbe cada vez más conocimientos y tecnología del extranjero, lo que debilita su capacidad endógena de innovación y de generación y difusión de conocimientos. [...] Por lo tanto, la integración de América Latina en el comercio global se produce sobre una base asimétrica. Los agentes nacionales participan en los procesos internacionales de producción pero son actores marginales en la globalización de las actividades científicas y tecnológicas.<sup>272</sup>

269. Flora Painter y Pluvia Zuñiga 2010: 17-18. En 2008 los países latinoamericanos registraron 260 patentes en la Oficina de Patentes de los Estados Unidos, lo que representó sólo el 0.16 por ciento del total, véase: de Brito Cruz 2010: 5.

270. Guillermo Lemarchand 2010: 81-82 y gráfica núm. 41. Sobre el tema véase también: Jorge Katz 2000a; y Mario Cimoli y colaboradores 2007: 133.

271. Cristian Dau de y Eduardo Fernández-Arias 2010: 25.

272. Véase, Mario Cimoli, João Carlos Ferraz y Annalisa Primi 2005: 14.

En cuarto lugar, las empresas latinoamericanas muestran una serie de debilidades en cuanto a sus *capacidades de innovación*: se encuentran lejos de la frontera tecnológica mundial y tienen un nivel muy bajo de inversiones en investigación y desarrollo como porcentaje de sus ventas (0.2% en comparación con el promedio de 1.61% de Europa, o de 1.89% en los países de la OCDE). Sus innovaciones son en gran mayoría de carácter incremental, rara vez involucran cambios tecnológicos radicales, y ponen énfasis en adaptaciones y modificaciones relativamente menores en el diseño de productos y servicios, en los procedimientos y sistemas productivos, y en la organización y gestión empresariales.<sup>273</sup>

Las iniciativas de innovación se orientan principalmente hacia importar y adaptar tecnología incorporada en maquinaria, equipo y servicios de ingeniería, y la mayor parte de las actividades de investigación y desarrollo se concentra en pocas empresas grandes. A esto se une el escaso apoyo a la innovación en el sector productivo, ya que las encuestas de innovación realizadas en la región señalan que menos del 6% de las empresas reciben financiamiento de instituciones públicas, en contraste con entre el 10% y el 50% en Europa, dependiendo del país y del sector. Entre el 10% y el 20% de las empresas latinoamericanas reciben apoyo de los bancos comerciales para este fin, lo que significa que más del 70% de las empresas hacen uso de sus propios recursos para financiar actividades de investigación, desarrollo e innovación que involucran niveles de riesgo relativamente elevados. Considerando las externalidades positivas que se derivan de la innovación, esto sugiere que hay un amplio espacio para iniciativas públicas de apoyo a la innovación en el sector productivo.<sup>274</sup>

Estas apreciaciones sugieren que, pese a seis decenios de esfuerzos y avances parciales, América Latina tiene aún una amplia agenda pendiente para movilizar plenamente el potencial que representan la ciencia, la tecnología y la innovación para apoyar el desarrollo. Para algunos analistas la escasa capacidad de aprendizaje tecnológico ha sido la causa principal de las dificultades económicas de la región. Por ejemplo, de acuerdo a William Maloney:

Las causas del bajo desempeño y agudo sentido de dependencia de América Latina se encuentran en las barreras a la innovación y la adopción de tecnologías que tienen raíces históricas profundas. La más importante fue y es la deficiente "capacidad de aprendizaje" nacional [...] [que tiene] dos explicaciones centrales: las limitaciones de capital humano

y de las redes de instituciones que facilitan la adopción y creación de nuevas tecnologías [...] [y] la multiplicidad de barreras para la adopción de tecnologías.<sup>275</sup>

El legado ambivalente de los últimos decenios ha sido destacado también en el informe de la CEPAL *La transformación productiva 20 años después: viejos problemas nuevas oportunidades*, que reexaminó los planteamientos del informe original preparado en 1990 bajo la dirección de Fernando Fajnzylber (véase la sección 5.3.1):

[...] la región ha sido capaz de sacar provecho de las tendencias favorables del contexto externo, expresadas en una mayor demanda, una abundante liquidez de los mercados financieros, mejores precios de las materias primas y un fuerte crecimiento de las remesas. [...] Se ha reducido la vulnerabilidad de la región a las turbulencias externas, gracias al mejor comportamiento fiscal y de las cuentas externas, lo que redundó en menores niveles de deuda pública y de deuda externa [...] La inversión extranjera directa ha alcanzado un nuevo récord en 2007 y se ha registrado marcadas disminuciones del desempleo y la pobreza, aunque ambos indicadores muestran todavía valores excesivamente elevados. [...]

Sin embargo, [...] hoy, como hace 20 años, [...] la inequidad en la distribución del ingreso [...] y en el acceso a diferentes activos, continúa siendo una realidad incontestable [...] la inversión aún no basta para sostener tasas de crecimiento superiores al 5%, [...] la mayor diversificación exportadora no ha logrado reducir la excesiva dependencia de las exportaciones tradicionales, ni incorporar, en términos generales, mayor conocimiento y valor agregado [...] la región ha perdido participación en el comercio mundial de servicios, y en los segmentos más dinámicos [informática, ingeniería, seguros, finanzas, investigación y desarrollo, telecomunicaciones] [...] los esfuerzos en materia de innovación siguen siendo escasos y su eficacia es reducida.<sup>276</sup>

Por último, es instructivo comparar la situación de América Latina con la de otras partes del mundo en desarrollo que han logrado crear capacidades endógenas en ciencia, tecnología e innovación. A modo de ilustración, es posible comparar el ingreso por habitante con el porcentaje del producto bruto interno (PBI) que representan las inversiones en investigación y desarrollo en América Latina y en algunos países de Asia durante los últimos cuatro decenios.

América Latina ha tenido un PBI por habitante mucho más alto que los de China e India durante los últimos decenios, y particularmente entre 1996 y el 2006. Sin embargo, durante este período estos dos países invirtieron, en promedio, más del doble en investigación y desarrollo como porcentaje de su PBI (figura 7), y las tasas de crecimiento económico anual promedio de China e India fueron de 9.74% y de 5.65%, respectivamente, en comparación con la de América Latina que fue de 2.85%.

<sup>273</sup> Una "innovación radical" se define como un nuevo producto o proceso que generalmente contiene nuevas tecnologías y que cambia significativamente los patrones de conducta y de consumo en el mercado, mientras que una "innovación incremental" implica mejoras en un producto o proceso existente, pero que no generan un cambio en el comportamiento ni en los patrones de consumo. De acuerdo a Gerardo Rivas, "la aplicación estricta de estos conceptos a las carteras de proyectos de innovación conduce generalmente —y en especial en América Latina— a la conclusión de que las innovaciones radicales son escasas o inexistentes". Rivas propone una clasificación más fina que divide la categoría de innovaciones incrementales en seis subcategorías, de tal forma de poder capturar la naturaleza de las actividades innovadoras en la región. Véase: Gerardo Rivas 2010: 20.

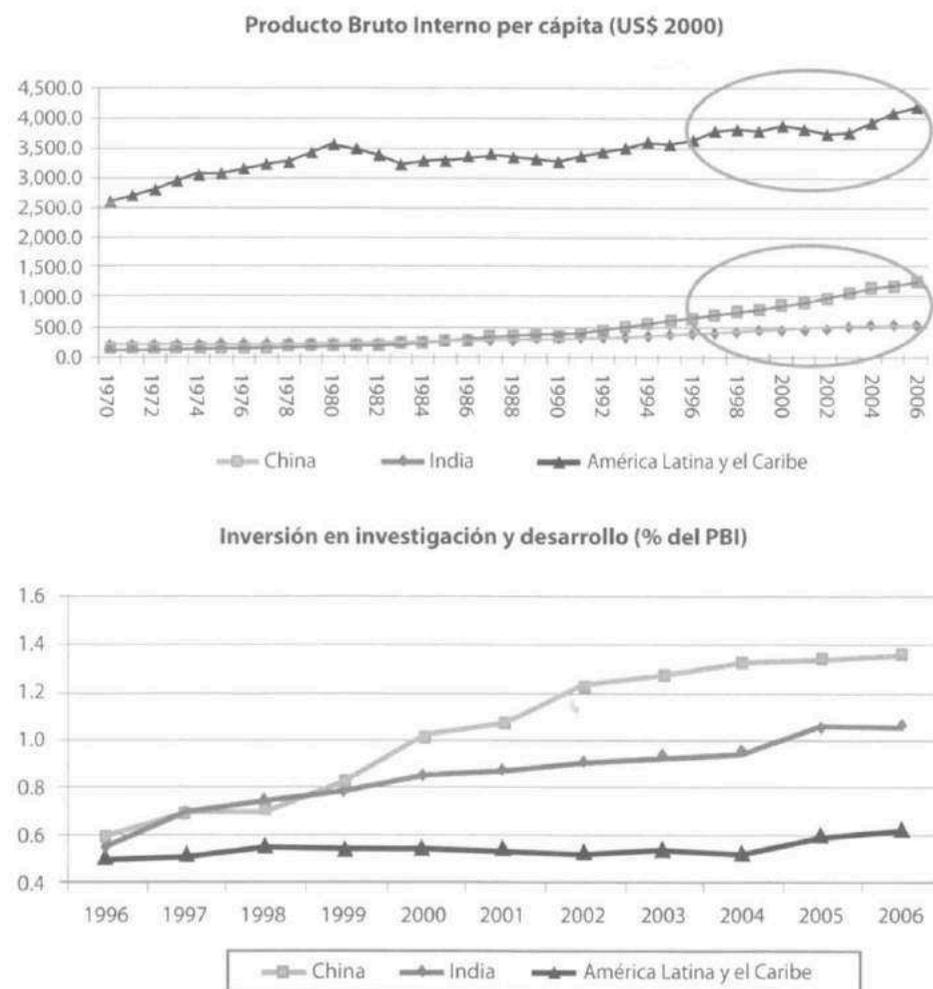
<sup>274</sup> Flora Painter y Pluvia Zuñiga 2010: 19-21.

<sup>275</sup> Véase William F. Maloney 2002: 1 y 3 (traducción del autor).

<sup>276</sup> Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 2008c: 317-318.

Por otra parte, entre 1977 y 1986 la República de Corea tenía un PBI por habitante similar al de América Latina entre 1998 y el 2006; sin embargo invirtió un porcentaje mayor y creciente de su PBI en investigación, que en 1985 fue más del doble del correspondiente a América Latina en el 2006 (figura 8). Las tasas de crecimiento económico anual de la República de Corea han sido consistentemente mayores que las de América Latina a lo largo de los últimos decenios: el promedio anual de crecimiento entre 1977 y el 2008 para la República de Corea fue de 6.53%, mientras que para América Latina fue de 2.99%.

**FIGURA 7. Brecha en el PBI por habitante e inversión en investigación y desarrollo: China, India y América Latina (en US\$ constantes del 2000 y % del PBI)**



Fuente: World Development Indicators, varios años, Banco Mundial. Elaboración propia.

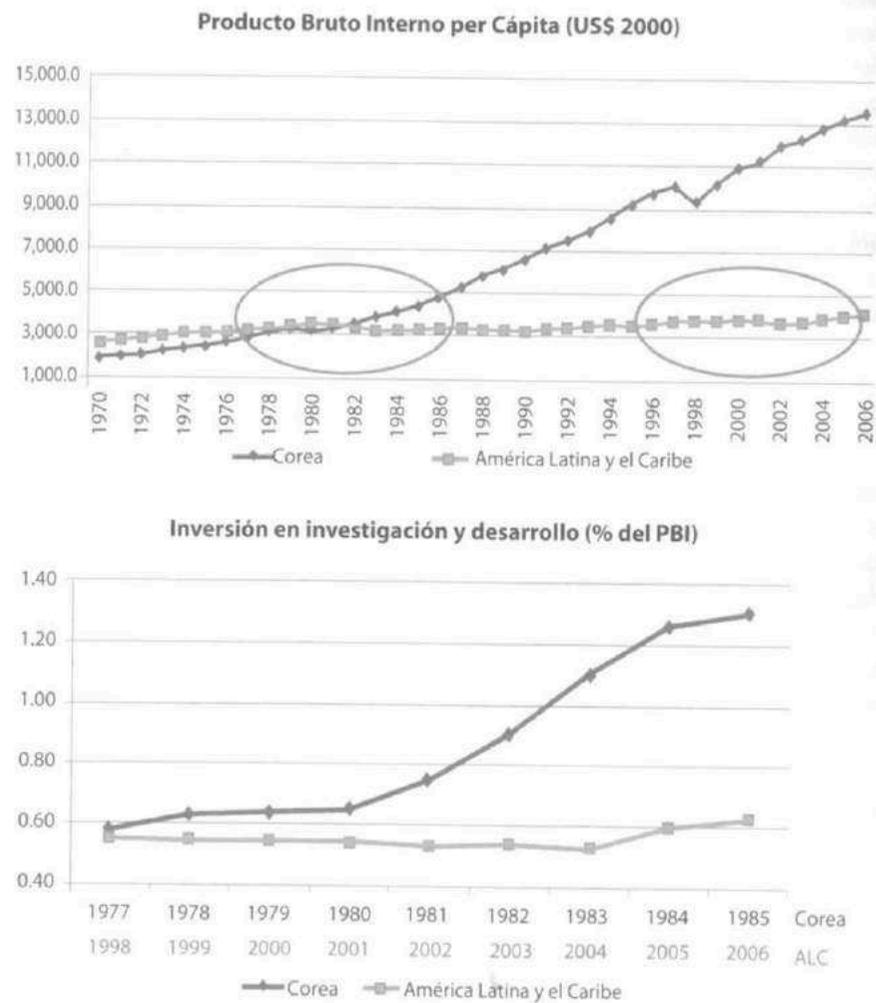
Si bien no es posible aseverar que existe causalidad entre inversiones en ciencia, tecnología e innovación por un lado, y crecimiento económico por otro, lo que los conductores de la política económica tenían muy claro en la República de Corea durante el decenio de 1970 es que la capacidad científica y tecnológica era un prerrequisito esencial para acelerar y sostener su proceso de desarrollo. Los dirigentes coreanos en estaban conscientes que, si bien muchas cosas contribuyen al crecimiento (educación de calidad, financiamiento público, promoción de exportaciones, proteccionismo doméstico, buen clima de negocios, infraestructura, entre otras), sin una base sólida de capacidades en ciencia y tecnología no hubieran podido mantener el ritmo de los avances en crecimiento económico y reducción de la pobreza. La experiencia coreana sugiere que la inversión y la creación de capacidades en ciencia, tecnología e innovación son un componente fundamental de las estrategias, planes y políticas de desarrollo económico y social.<sup>277</sup>

\* \* \*

Todo esto, asociado a la coexistencia de conocimiento, tecnologías y actividades productivas modernas y tradicionales, a la persistencia de serias deficiencias en el sistema educativo, y a un entorno cultural, social y político que no privilegia el conocimiento y la innovación, ha configurado un complejo panorama regional en el cual vincular ciencia, tecnología y producción a través del proceso de innovación ha sido una tarea extremadamente difícil.<sup>278</sup> Es imperativo acelerar un proceso de aprendizaje social e institucional orientado hacia crear, consolidar y utilizar capacidades científicas, tecnológicas y de innovación. Para lograr esto es preciso distinguir claramente entre la movilización efectiva de la voluntad y el liderazgo político, empresarial e intelectual por un lado, del voluntarismo inoperante que caracterizó buena parte de los esfuerzos en este campo durante los decenios de 1960 y 1970.

<sup>277</sup> Mi experiencia personal en la República de Corea, India y China durante los decenios de 1970 y 1980 me permitió apreciar con claridad la prioridad que otorgaron los líderes políticos de esos países a las inversiones en ciencia, tecnología e innovación, aun en condiciones económicas difíciles y con altos índices de pobreza.

<sup>278</sup> Las discrepancias entre los países en desarrollo que invierten significativamente en ciencia, tecnología e innovación, y que han logrado promover el crecimiento económico sostenido, han llevado a Eduardo Ismodes a otorgar el calificativo de "países necios" a aquellos que — pese a la abundante evidencia existente sobre el impacto positivo de estas inversiones— les destinan escasos recursos. Ismodes compara las tasas reales de inversión en investigación y desarrollo con lo que deberían haber invertido tomando en cuenta sus capacidades económicas, lo que le permite definir una lista de "países necios" que invierten mucho menos de lo que podrían y deberían, en la cual se encuentra la mayoría de los países latinoamericanos. Véase: Eduardo Ismodes 2006: 145-154.

**FIGURA 8. Brecha en el PBI por habitante e inversión en investigación y desarrollo: Corea y América Latina (en US\$ constantes del 2000 y % del PBI)**


Fuente: World Development Indicators, Banco Mundial, varios años. Elaboración propia.

## 6.2 El repertorio de instrumentos de política

No obstante las limitaciones señaladas anteriormente, como resultado de la evolución y el proceso de aprendizaje de la política científica y tecnológica regional durante los últimos seis decenios, y de la difusión del concepto de sistema de innovación a partir de, 1990, se cuenta en la actualidad con un amplio repertorio de

posibles intervenciones gubernamentales para fomentar la generación, adquisición, diseminación, absorción y utilización de conocimiento científico y tecnológico, y para promover la innovación en las empresas.<sup>279</sup>

Mario Albornoz preparó un informe sobre las políticas vigentes en la actualidad en América Latina, en el cual identificó cinco grupos de instrumentos en función de sus objetivos y de los países que los aplican (tabla 4): generación de nuevo conocimiento básico y aplicado; formación de recursos humanos en ciencia, tecnología e innovación; desarrollo de áreas tecnológicas estratégicas para el país; generación de nuevos productos y servicios de alto valor agregado; generación de redes de articulación que estimulen el funcionamiento del sistema nacional de innovación.<sup>280</sup> Esta misma clasificación fue empleada en un inventario exhaustivo de los instrumentos de política de ciencia, tecnología e innovación preparado por Sergio Emiliozzi, Guillermo Lemarchand y Ariel Gordon, en el cual reseñaron el acervo de intervenciones vigentes en América Latina durante la segunda mitad del decenio del 2000.<sup>281</sup>

Por su parte, en el 2007 la CEPAL elaboró un "Manual de políticas públicas" de ciencia y tecnología para el desarrollo, que está disponible en un portal en línea y que contiene una descripción detallada de los instrumentos empleados en cada país, clasificados de acuerdo a las siguientes categorías: centro de excelencia, consorcio de investigación, capital de riesgo, fondo tecnológico, formación y desarrollo de capital humano, incentivo fiscal, incubadora de empresa, parque científico y tecnológico, sistema nacional de investigadores, y otros instrumentos. Cada instrumento tiene una ficha descriptiva, y el portal da acceso también a varios documentos de base, gráficos y tablas comparativos sobre la situación de la ciencia, tecnología e innovación en América Latina.<sup>282</sup> En forma similar, y basándose en la experiencia de varios decenios de trabajo en este campo, el Banco Mundial preparó una guía para las políticas de innovación, en la cual sugiere un esquema conceptual que considera medidas para apoyar a los innovadores, mejorar el marco regulatorio para la innovación, fortalecer la base de investigación y desarrollo experimental, promover la innovación a través de la educación y capacitación, y evaluar el impacto de los sistemas y programas de innovación.<sup>283</sup>

<sup>279</sup> Los primeros ejercicios comparativos para examinar este tipo de instrumentos de política durante el decenio de 1970 fueron el Proyecto STPI (véase la sección 5.3.3); un estudio en los países del Caribe (Norman Girvan 1983); y un análisis de las estrategias científicas y tecnológicas (Máximo Halty 1986). Para reseñas más recientes en el ámbito regional, véase: Carlos Scheel 2001; y Alan Farcas 2002. Para el caso de México, véase: Judith Zubieta y Rafael Loyola Díaz 2007: 945-995; y Claudia González-Brambila, José Lever y Francisco Veloso 2007. Para el caso de Brasil: Brazil Institute Special Report 2008.

<sup>280</sup> Mario Albornoz 2007. La página web: <http://www.politicasceti.net> contiene un archivo dinámico con información detallada y actualizada sobre el repertorio de instrumentos.

<sup>281</sup> Sergio Emiliozzi, Guillermo Lemarchand y Ariel Gordon 2009. Basada en este documento se presenta posteriormente una clasificación similar en J. C. Navarro, J. J. Llisteri y P. Zufiga 2010. Véase también: Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 2010b.

<sup>282</sup> El manual está en la página web: [www.cepal.org/iid/](http://www.cepal.org/iid/), que además contiene un conjunto de documentos de trabajo sobre la evolución reciente de las políticas de ciencia y tecnología en varios países de la región.

<sup>283</sup> El planteamiento fundamental de esta guía es que: "La innovación, particularmente la innovación tecnológica, es correctamente vista como la clave del desarrollo económico y social. [...] A medida que más países empiezan a formular políticas que

**TABLA 4. Instrumentos operativos de ciencia, tecnología e innovación por objetivo y países que los emplean (según Albornoz)**

Objetivo	Instrumento	País
Generación de nuevo conocimiento básico y aplicado	Fondos de promoción científica y tecnológica	Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Paraguay, Perú y Uruguay
	Subsidios y becas de investigación	
	Centros de excelencia	
	Carrera del investigador	
	Incentivos docentes a la investigación	
Formación de recursos humanos en ciencia, tecnología e innovación	Becas de grado, posgrado y doctorado	Argentina, Brasil, Chile, México y Perú
	Becas de posgrado financiadas por empresas	
	Becas de posgrado y posdoctorado en el exterior	
	Repatriación de científicos y tecnólogos	
	Educación no formal en ciencia y tecnología	
Desarrollo de áreas tecnológicas estratégicas para el país	Fondos sectoriales	Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú
	Fondos en áreas específicas: FONSOFT, ASTRONOMIA, FIP, FIA e INCAGRO, entre otros.	
	Programas de áreas estratégicas	
Generación de nuevos productos y servicios de alto valor agregado	Fondos tecnológicos	Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Uruguay
	Fondos de innovación	
	Fondos de competitividad	
	Incentivos fiscales	
	Unidades de vinculación	
	Aportes no reembolsables	
	Capital de riesgo	
	Consortios de investigación	
	Incubadoras de empresas	
	Financiación de protección a la propiedad intelectual	
Generación de redes de articulación que estimulen el funcionamiento del sistema nacional de innovación	Redes de tecnología	Argentina, Brasil, Chile y México
	Clusters y parques tecnológicos	
	Sistemas de información científica y tecnológica	
	Centros de transferencia de tecnología	
	Financiamiento de asociaciones universidad-empresa	
	Prospectiva y vigilancia tecnológica	
	Diásporas y redes de vinculación	

Fuente: Mario Albornoz, "Fortalecimiento de un sistema de información científica y tecnológica sobre la base de la RICYT", Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior (REDES), 2007. Véase también: <http://www.politicasccti.net>

Una iniciativa de la UNESCO para catalogar marcos legales, resumir series estadísticas y describir la variedad de instrumentos de política de ciencia, tecnología e innovación empleados en América Latina, ha llevado a compilar una extensa base de datos que incorpora material de una variedad de fuentes de información.<sup>284</sup> Por ejemplo, esta plataforma de información contiene todos los marcos legales y estructuras organizativas de las instituciones de política científica y tecnológica en la región, así como una descripción de cientos de instrumentos de política que han sido empleados en América Latina durante los últimos decenios.

Un esquema alternativo de clasificación, derivado del marco conceptual presentado en el capítulo 2 de este trabajo, incorpora una gama más amplia de instrumentos, agrupándolos en tres grandes categorías:<sup>285</sup>

- (a) Intervenciones gubernamentales dirigidas a *construir capacidades en ciencia, tecnología e innovación*, y a *fortalecer los nexos entre la oferta y la demanda de conocimientos y tecnología* en el país. Esta categoría abarca la gran mayoría de instrumentos listados en las clasificaciones mencionadas anteriormente, e incluye: medidas del lado de la oferta que llevan a construir instituciones y capacidades para producir conocimiento científico y tecnológico, y para recuperar y actualizar el conocimiento y las técnicas tradicionales; intervenciones por el lado de la demanda para promover la utilización del conocimiento generado domésticamente en actividades de producción y servicios; medidas para fortalecer los vínculos entre la oferta y la demanda de conocimiento producido domésticamente o adaptado del exterior; y acciones para fortalecer las capacidades para diseñar y ejecutar políticas de ciencia, tecnología e innovación.
- (b) Medidas que promueven la *vinculación entre las capacidades científicas y tecnológicas locales con sus contrapartes en el ámbito internacional*, que apuntan a mejorar las interacciones entre el conocimiento, la tecnología, la producción y la innovación domésticos y sus contrapartes en otras partes del mundo, en particular las naciones tecnológicamente más avanzadas. Esta categoría comprende: instrumentos para crear vínculos y promover la colaboración entre los investigadores científicos y tecnológicos en el país y la comunidad científica y tecnológica internacional; iniciativas para obtener información sobre las fuentes mundiales de tecnología, evaluar y escoger

apoyan a la innovación, ellos necesitan aprender de las experiencias y buenas prácticas de política de las economías dinámicas, especialmente del mundo en desarrollo. Si bien es difícil emular las historias de éxito y los modelos de otros países, los principios y ejemplos de las experiencias de otros pueden informar enfoques más efectivos para la innovación en el difícil clima institucional y de negocios de los países de ingresos bajos y medios". Véase: Banco Mundial 2010b: xv.

284 Véase: [http://www.unesco.org/science/psd/thm\\_innov/spin\\_platform.shtml](http://www.unesco.org/science/psd/thm_innov/spin_platform.shtml).

285 Véase: Francisco Sagasti 2004a: cap. 5, especialmente la tabla 5.2 y el gráfico 5.1.

las más apropiadas, y garantizar el acceso a ellas; y medidas para promover vínculos entre las empresas domésticas y sus contrapartes en el ámbito internacional, en particular fortaleciendo su capacidades de negociación y de ingresar en nuevos mercados.

- (c) Acciones para establecer un contexto favorable y un marco institucional apropiado a la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la transformación productiva y la innovación empresarial, que apuntan a crear un entorno cultural, económico, social y político adecuado, que valore y otorgue prioridad a los esfuerzos por crear una base científica y tecnológica endógena, así como una infraestructura institucional capaz de sustentar las actividades y medidas señaladas en las dos categorías de instrumentos precedentes. Esta tercera categoría incluye: la provisión de infraestructura para la ciencia, tecnología e innovación (equipos, laboratorios, comunicaciones, bibliotecas, etc.); el diseño y puesta en práctica de políticas productivas activas en armonía con el mercado, y el establecimiento de marcos regulatorios razonables, que fomenten la investigación científica y tecnológica y promuevan la innovación en las empresas; la reducción de trabas administrativas para el desempeño de actividades científicas y tecnológicas, y la armonización de políticas explícitas e implícitas para eliminar contradicciones e inconsistencias; medidas para mantener la estabilidad macroeconómica que favorezca el diseño y la implementación de estrategias de innovación empresarial de mediano y largo plazo; iniciativas de difusión y uso de medios de comunicación para crear un ambiente cultural, político y social de libertad y experimentación, que promueva la creatividad, estimule conductas innovadoras y fomente el asumir riesgos calculados.

No todos los instrumentos en esta amplia gama de posibles intervenciones son igualmente pertinentes para todos los países en todo momento. La decisión acerca de qué instrumentos emplear en una situación específica dependerá de la evolución y el estado de las capacidades en ciencia y tecnología, las características de los procesos de innovación prevalecientes, el contexto económico, político y social, y la estrategia de desarrollo adoptada. Esto sugiere la necesidad de diseñar indicadores que permitan clasificar a los países en cuanto a la pertinencia de uno u otro grupo de políticas e instrumentos de política.<sup>286</sup>

Los diversos instrumentos de política requieren diferentes tipos y cantidades de información, demandan distintos niveles de capacidades organizativas y administrativas, y

<sup>286</sup> La elaboración de un "índice de capacidad científica y tecnológica" permitió diferenciar cuatro categorías de países y determinar los instrumentos más pertinentes para cada una de ellas. Véase Francisco Sagasti 2004a: cap. 4.

su despliegue e implementación se manifiestan en una variedad de formas, frecuentemente imprevistas. Algunos de ellos funcionan en conjunto y se refuerzan mutuamente, mientras que otros lo hacen en forma individual y relativamente aislada. La puesta en práctica del conjunto de instrumentos de política puede generar inconsistencias y contradicciones, lo que exige una visión de conjunto y una perspectiva sistémica para anticipar sus impactos (véase la sección 5.3.3). Asimismo, algunos instrumentos de política tienen resultados inmediatos, mientras que otros toman tiempo en filtrarse a través de la administración pública y sus efectos se sienten con retraso.

La efectividad de uno u otro instrumento, o conjunto de instrumentos, es frecuentemente materia de interpretación y debate, y las apreciaciones sobre el tema están usualmente cargadas de ideología. Por ejemplo, el fomento de la innovación tecnológica en las empresas ha generado discusiones sobre la conveniencia de emplear instrumentos financieros tales como incentivos fiscales, préstamos blandos, provisión de capital de riesgo o subsidios directos. Las posiciones adoptadas dependen de la perspectiva que se tenga sobre el papel del Estado en la economía, el riesgo moral asociado con uno u otro instrumento, y de consideraciones acerca de la apropiación de beneficios directos e indirectos derivados de una u otra intervención.<sup>287</sup>

Por otra parte, las políticas y los instrumentos de política de ciencia, tecnología e innovación son sólo uno de los múltiples factores que afectan el comportamiento y la conducta de los investigadores, profesionales, gerentes, empresarios y funcionarios gubernamentales. Como se indicó en la sección 5.3.3, los instrumentos asociados a otras políticas públicas tienen un contenido implícito de políticas de ciencia, tecnología e innovación que debe ser puesto en evidencia. Además, para examinar el comportamiento de los agentes en los sistema de innovación es necesario tomar en cuenta factores tales como estructuras de mercado, patrones de competencia, características y trayectorias de las tecnologías involucradas, capacidades empresariales e institucionales, y preferencias, intereses y actitudes de las personas involucradas en el conjunto de actividades de ciencia, tecnología e innovación.

Todo esto configura una situación muy compleja para un exitoso diseño y puesta en práctica de las políticas en este campo. Las apreciaciones de Simón Schwartzman en el sentido de que "son necesarias cualidades casi sobrehumanas para que una política de desarrollo científico se ponga en práctica: persistencia, obstinación, fuerza de carácter y devoción a la ciencia son cualidades indispensables para, eventualmente, vencer los obstáculos", se aplican aun con más fuerza cuando se expande el radio de acción de la política científica para abarcar el desarrollo tecnológico y la innovación.<sup>288</sup>

<sup>287</sup> Véase, por ejemplo, Morris Teubal 1998: 1.

<sup>288</sup> Simón Schwartzman 1979: 11.

### 6.3 Reformas e iniciativas en marcha a inicios del siglo 21

En los primeros años del siglo 21, América Latina experimentó un crecimiento económico relativamente estable, en gran medida debido al entorno mundial favorable que llevó a un aumento significativo en los volúmenes y precios de las exportaciones de materias primas. La tasa de crecimiento promedio del PBI de la región fue de 4.8% en el período 2003-2008, las exportaciones totales crecieron 130% durante este lapso de tiempo, y la bonanza fiscal y el control de la inflación llevaron a un aumento significativo de la inversión pública y privada. Pese a estos avances, los niveles de pobreza y desigualdad continúan siendo unos de los más altos en el mundo. Por ejemplo, en el 2007 alrededor del 34% de la población latinoamericana se encontraba en situación de pobreza y el índice de Gini, que mide la desigualdad en la distribución del ingreso, era superior a 0.51 en la mayoría de los países de la región, mientras que en Europa y algunos países del Asia (por ejemplo, Singapur, República de Corea y Malasia) no supera el 0.39 y 0.43, respectivamente.<sup>289</sup>

Varios países de la región continuaron con el proceso de integración a los mercados internacionales a través de la firma de tratados de libre comercio con las principales economías del mundo.<sup>290</sup> Estos acuerdos representan múltiples desafíos para la región debido a la competencia de los productos importados, a que demandarán esfuerzos empresariales e innovaciones tecnológicas para incursionar en nuevos mercados, y a que la mayoría de ellos incluye provisiones más estrictas en materia de propiedad intelectual.<sup>291</sup> La importancia de avanzar hacia una "economía basada en el conocimiento" en el contexto de la apertura comercial ha sido destacada para el caso de México por Yevgeny Kuznetsov y Carl Dahlman, quienes detallan las iniciativas necesarias para pasar hacia una segunda generación de políticas basadas en el conocimiento, con el fin de aprovechar las oportunidades que ofrece el tratado de libre comercio entre México, Estados Unidos y Canadá. Estas iniciativas incluyen medidas para transformar el sistema de innovación en las empresas, mejorar la educación y capacitación de la fuerza laboral, y para actualizar la infraestructura de tecnologías de información y comunicación.<sup>292</sup>

La crisis financiera internacional del 2008-2009 afectó negativamente a las economías latinoamericanas e interrumpió el ritmo de crecimiento. Se redujeron las exportaciones y la inversión, se restringió el acceso al crédito, los índices de las bolsas de valores cayeron, y se debilitó la situación fiscal. Sin embargo, el impacto de

la crisis fue menor en América Latina que en otras regiones, y más atenuado que los experimentados en ocasiones anteriores, en gran medida debido al buen desempeño económico en los años previos a la crisis, y a una gestión macroeconómica prudente. Se espera que la tasa de crecimiento se recupere a principios del segundo decenio del siglo 21, aunque probablemente a un ritmo menor.

El contexto económico favorable del primer decenio del siglo 21 permitió darle continuidad al conjunto de políticas de ciencia, tecnología e innovación puestas en marcha durante el decenio de 1990, aunque con mayor énfasis en medidas para mejorar la competitividad. No obstante, debido en gran medida a los avances en las fronteras de la tecnología y la innovación, los esfuerzos realizados durante los últimos dos decenios no han logrado aún disminuir significativamente la brecha que separa a la región de los países tecnológicamente más avanzados, y de algunas economías emergentes como China, India y la República de Corea.

Cabe destacar, además, que las actividades de innovación en las empresas no fueron inmunes a los efectos de la crisis económica. Un estudio de Caroline Paunov, basado en una muestra de más de 1,350 empresas en ocho países latinoamericanos, indica que una de cada cuatro empresas interrumpieron sus proyectos de innovación debido a restricciones financieras, y que las empresas exportadoras y proveedoras de empresas multinacionales redujeron sus inversiones en innovación. Paunov también menciona que la disponibilidad de financiamiento público permitió a muchas empresas continuar con sus actividades de innovación, lo que palió el impacto de la crisis.<sup>293</sup>

El énfasis en las políticas de ciencia, tecnología e innovación en el primer decenio del siglo 21 se desplazó hacia introducir reformas institucionales y legales en el sector público, y hacia aumentar las inversiones en investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación. Se han puesto en marcha iniciativas para consolidar los fondos sectoriales en áreas estratégicas, fortalecer nuevos campos del conocimiento en el ámbito regional, promover la asociatividad entre universidades y empresas, y formar recursos humanos altamente calificados. Asimismo, es posible identificar acciones para mejorar el proceso de formulación e implementación de políticas de ciencia, tecnología e innovación, para orientar la creación de conocimientos y tecnología hacia la inclusión social, y para hacer frente al deterioro ambiental y al cambio climático.<sup>294</sup>

289 Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 2008a.

290 Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 2002 y 2008c.

291 Como ejemplo de medidas a tomar para enfrentar los desafíos de propiedad intelectual derivados de los acuerdos de libre comercio véase Pedro Roffe y Lus Mariano Genovesi 2009.

292 Yevgeny Kuznetsov y Carl Dahlman 2008. Sobre este tema véase también la labor que realiza la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC) en: [www.fumec.org.mx/v3/](http://www.fumec.org.mx/v3/)

293 Caroline Paunov 2010.

294 Véase: Alberto Melo 2001; y Alan Farcas 2002.

### 6.3.1 Reformas institucionales

Un primer grupo de esfuerzos en política de ciencia, tecnología e innovación está constituido por las reformas institucionales, legales y normativas emprendidas en varios países de la región durante el decenio del 2000. Estos cambios apuntan a mejorar la coordinación e interrelación entre los agentes del sistema de innovación, promover la descentralización administrativa y la regionalización de las actividades científicas y tecnológicas, mejorar la vinculación entre universidades y empresas, y focalizar los esfuerzos en la formación de capital humano (recuadro 1).<sup>295</sup>

Algunos países de la región establecieron ministerios, secretarías o agencias de promoción de actividades de ciencia, tecnología e innovación a fin de mejorar las relaciones y el intercambio de conocimiento entre los distintos actores involucrados en ellas. Colombia creó el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación en el año 2009 (antiguo COLCIENCIAS), Argentina creó el Ministerio de Ciencia y Tecnología en el 2007, Uruguay creó la Agencia Nacional de Investigación e Innovación en el 2006, y en Ecuador la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología pasó a depender de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo en el 2007, lo que llevó a la desaparición del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y de la Fundación para la Ciencia y la Tecnología. Bolivia creó en el 2006 el Viceministerio de Ciencia y Tecnología, organismo dependiente del Ministerio de Planificación para el Desarrollo, y en Chile se crearon el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad y el fondo Innova Chile asociado a la Corporación Financiera de Desarrollo (CORFO) en el 2005.<sup>296</sup>

Además de las reformas institucionales, en varios países de la región se promulgaron normas legales para incentivar las actividades de ciencia, tecnología e innovación, en gran medida debido al impulso para mejorar la competitividad asociado con la apertura comercial. Por ejemplo, la ley de innovación promulgada en Brasil en el 2005 establece estímulos y otorga apoyo financiero a las instituciones y personas que participan en el proceso de innovación, y facilita la celebración de contratos entre instituciones de carácter público y privado. Varios planes nacionales de ciencia y tecnología en la región complementaron reformas financieras e institucionales, y definieron prioridades y sectores estratégicos para mejorar su competitividad. Sin embargo, en muchos casos los planes y reformas planteados no han llegado a materializarse de manera efectiva.

<sup>295</sup> De acuerdo a Flora Painter y Pluvia Zuñiga, "el surgimiento de un nuevo abordaje de las 'políticas de innovación' siempre aparece acompañado de un desarrollo institucional y de nuevos mecanismos de gobernabilidad", que permiten nuevos estilos de conducción y una participación más activa de los actores involucrados. Véase: Flora Painter y Pluvia Zuñiga 2010: 31.

<sup>296</sup> Sin embargo, es preciso evitar la tentación de reproducir modelos institucionales de otros lugares. Las estructuras organizativas, marcos legislativos y planes de desarrollo exitosos de un país en un periodo determinado no necesariamente son los más apropiados en otro contexto, y ni siquiera en el mismo país a lo largo del tiempo.

#### RECUADRO 1. Algunas iniciativas para fomentar la ciencia, tecnología e innovación en América Latina durante el decenio del 2000

**Argentina:** en el 2006 se aprobó el Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva para el periodo 2006-2010. Una de sus metas principales es incrementar la inversión en ciencia y tecnología hasta 1.0% del PBI en el 2010, con un 50% de inversión pública y el otro 50% del sector privado, así como formar una nueva generación de investigadores jóvenes. Por otro lado, en el 2008 se aprobó en la provincia del Chaco la primera ley provincial de ciencia, tecnología e innovación con el objetivo de promover la aplicación del conocimiento para contribuir al desarrollo regional, para lo cual se cuenta con el 0.8% del presupuesto total anual de la provincia.

**Brasil:** en el 2007 se aprobó el plan de acción para la ciencia, la tecnología y la innovación de cuatro años de duración, con el objetivo de consolidar el papel de la ciencia, tecnología e innovación en el desarrollo sostenible. Este plan contempla cuatro prioridades estratégicas: ampliar y consolidar el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación; promover la innovación en el sector industrial; apoyar la investigación e innovación en las áreas de biotecnología, biocombustibles y biodiversidad; y fomentar la popularización y la educación de la ciencia. Por otro lado, en el 2008 el Estado de Santa Catalina promulgó la ley de innovación que establece incentivos para investigaciones en las empresas.

**Chile:** a inicios del 2007 el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad de Chile (CNIC) elaboró el primer volumen de su propuesta de estrategia nacional de innovación. El segundo volumen, que detalla estrategias para el desarrollo del capital humano, la ciencia y la innovación empresarial, fue elaborado en el 2008.

**Ecuador:** en el 2005 se presentó la nueva política nacional de ciencia, tecnología e innovación de Ecuador, la cual establece los objetivos, estrategias y programas operativos del sector.

**México:** en el 2008 se presentó el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI) 2008-2012, el cual busca fortalecer la descentralización de las actividades científicas; fomentar un mayor financiamiento de la ciencia básica y aplicada, la tecnología y la innovación; y aumentar la inversión en infraestructura científica, tecnológica y de innovación.

**Perú:** en el 2007 se aprobó el Plan Nacional Estratégico de Ciencia y Tecnología para la Competitividad y Desarrollo Humano hasta el año 2021, el cual prioriza los ámbitos científico-técnicos en los que el Perú puede lograr liderazgo basándose en sus ventajas comparativas.

**República Dominicana:** en el 2008 la Secretaría de Estado de Educación Superior, Ciencia y Tecnología presentó el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación 2008-2018, en el cual se indica que en diez años este país deberá invertir 0.5% del PIB en ciencia y tecnología y formar al menos cien doctores en ciencia por año.

**Uruguay:** en el 2006 la nueva ley de educación del país incluyó el conocimiento científico y tecnológico como un componente fundamental para el futuro del país.

Fuente: elaborado por Rafael Castillo sobre la base de información de varias fuentes, y en particular de SciDev.Net, "News, views and information about science, technology and the developing world", disponible en: <http://www.scidev.net>

**RECUADRO 2. Algunas iniciativas de financiamiento y cooperación en ciencia, tecnología e innovación en América Latina**

**Argentina:** en el 2009 el BID aprobó una línea de crédito para proyectos de inversión para el gobierno argentino por US\$ 750 millones en cinco años con la finalidad de fortalecer el sistema nacional de innovación a través del aumento y la coordinación de las capacidades innovadoras en sectores específicos, la ampliación de las inversiones privadas en innovación, la mejora de las capacidades científicas de centros de investigación y la modernización de las infraestructuras científicas y tecnológicas.

**Brasil:** el presupuesto ejecutado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología en el año 2007 fue de alrededor de US\$ 2 mil millones y se espera que en el año 2010 este monto ascienda a US\$ 3 mil millones. Actualmente existen 16 fondos sectoriales, de los cuales catorce son de sectores específicos y dos son transversales.

**Chile:** en el 2008 se creó un fondo patrimonial de US\$ 6 mil millones que permitirá otorgar anualmente alrededor de 1,500 becas de posgrado en el exterior en el 2011. El presupuesto público del 2008 para ciencia, tecnología e innovación fue de US\$ 433 millones, y el Consejo de Ciencia y Tecnología (CONICYT), la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), duplicaron su nivel de recursos disponibles. Los recursos destinados al Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) aumentaron en 8.3% respecto del 2007.

**Colombia:** el presupuesto de inversión del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (antes COLCIENCIAS) del 2010 ha sido US\$ 107 millones, lo cual equivale a un incremento de 67% con relación al presupuesto del 2009. Por otro lado, en el año 2010 Colombia recibirá un préstamo multifase de US\$ 250 millones por parte del BID y el Banco Mundial a fin de ampliar su capacidad de operación del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación.

**México:** en el 2007 la Secretaría de Economía y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México crearon un fondo de US\$ 45.5 millones para apoyar la investigación y fortalecer los procesos productivos que realizan las pequeñas y medianas empresas (Pymes). Este fondo impulsará la creación de empresas de base tecnológica y la generación de patentes nacionales y de empleos de carácter científico y tecnológico. En octubre del 2007 quedaron libres de impuestos las importaciones de equipo de investigación, instrumentos de laboratorio, plantas y animales de prueba, entre otros, utilizados por las universidades y centros de investigación.

**Perú:** en el 2007 se puso en funcionamiento el Programa de Ciencia y Tecnología (FIN-CyT) de la Presidencia del Consejo de Ministros por un total de US\$ 36 millones, de los cuales el 70% provienen del BID y el resto de la contrapartida del gobierno peruano. Por otro lado, en el año 2009 se empezó a ejecutar el Fondo de Investigación y Desarrollo para la Competitividad (FIDECOM), el cual cuenta con recursos por un total de US\$ 65 millones para la promoción de proyectos de innovación productiva y transferencia de conocimientos en las empresas.

**Uruguay:** en el 2010, el gobierno de Uruguay recibió US\$ 5,6 millones de la Unión Europea para desarrollar el Instituto Pasteur de Montevideo como centro de excelencia regional, apoyar la internacionalización del Centro de Ensayos de Software, transformar

el polo tecnológico de la ciudad de Pando en un parque científico e impulsar procesos que "clusterización". En el año 2008, la Unión Europea donó a Uruguay US\$ 12,2 millones para la financiación de los programas Uruguay Integra y Uruguay Innova, a fin de desarrollar actividades que impulsen la innovación y el progreso científico y tecnológico. En el 2007 el Banco Mundial otorgó a Uruguay un préstamo de US\$ 26 millones para promover la innovación y mejorar la competitividad del país. El préstamo servirá para apoyar el fortalecimiento del sistema nacional de innovación y la transferencia de tecnología e innovación al sector privado.

**Venezuela:** la ley de ciencia venezolana, que obliga a las empresas a entregar entre un 0.5% y un 2.0% de sus ingresos brutos para proyectos de desarrollo tecnológico propios, o para financiar proyectos en centros de investigación y universidades, logró acumular US\$ 2,500 millones en el 2007. Más del 80% fue empleado por las propias empresas. El ministro del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias declaró a mediados del 2009 que Venezuela dedicaba el 2.69% de su PBI a investigación y desarrollo, el porcentaje más alto de América Latina y mayor que el de muchos países desarrollados.

Fuente: elaborado por Rafael Castillo sobre la base de información de varias fuentes, y en particular de SciDev.Net, "News, views and information about science, technology and the developing world", disponible en: <http://www.scidev.net>

**6.3.2 Financiamiento y cooperación**

Un segundo conjunto de iniciativas se orientó hacia aumentar las inversiones en ciencia, tecnología e innovación. Las principales fuentes de financiamiento son los presupuestos públicos nacionales y subnacionales, y los programas de inversión pública, complementados por préstamos y donaciones de organismos multilaterales y, en menor medida, los recursos de la cooperación bilateral y de fundaciones. Las inversiones privadas en ciencia, tecnología e innovación continúan siendo bajas.

La mayoría de los países de la región ha intentado, algunos con mayor éxito que otros, aumentar los recursos públicos que canaliza a través de los presupuestos regulares nacionales y subnacionales hacia actividades de ciencia, tecnología e innovación (recuadro 2). Sin embargo, algunos mecanismos, tales como los fondos sectoriales, los fondos temáticos, y los programas para promover asociatividad, están cobrando cada vez más importancia. Por ejemplo, Brasil cuenta con catorce fondos sectoriales de ciencia y tecnología que cubren áreas tales como aeronáutica, biotecnología, energía, recursos hídricos, tecnologías de la información y telecomunicaciones, y con dos fondos transversales. México ha constituido una serie de fondos sectoriales de investigación y desarrollo para áreas estratégicas, tales como desarrollo aeroportuario y navegación aérea, manejo forestal, energía, entre otras, que se canalizan a través del Consejo

Nacional de Ciencia y Tecnología.<sup>297</sup> Como parte de su operación de préstamo CCLIP con el BID por US\$ 750 millones, en el 2009 Argentina destinó US\$ 32 millones a la creación de cuatro fondos sectoriales en salud, energía, agroindustria y desarrollo social.

El caso de Venezuela, en donde el Congreso aprobó en el 2006 una ley que obliga a las empresas a invertir un porcentaje de sus utilidades, que varía entre el 0.5% y el 2.0%, en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, es particularmente interesante.<sup>298</sup> El enorme incremento de recursos disponibles para ciencia, tecnología e innovación, que se cuadruplicaron en dos años hasta superar los US\$ 2,500 millones en el 2007 (2.5% del PBI), plantea interrogantes sobre la capacidad de absorción de las instituciones públicas y privadas de investigación científica y desarrollo tecnológico.

Los países con mayor capacidad científica y tecnológica están incursionando en nuevos campos del conocimiento y en sectores de alto contenido tecnológico. En el 2003 el gobierno de Brasil creó el Programa Nacional de Investigación en Nanotecnología y Nanociencia con el fin de posicionarse estratégicamente como líder regional en este campo.<sup>299</sup> En ese mismo año el gobierno mexicano creó el Programa Especial de Cambio Climático, financiado con US\$ 200 millones y con apoyo del BID, con la finalidad de mitigar las consecuencias de la emisión gases de efecto invernadero, y en Colombia se estableció el Programa Nacional de Biocombustibles, con el fin de investigar temas relacionados con la producción de biodiesel y alcohol carburante. En el 2008 el gobierno argentino creó el Centro de Biotecnología Industrial del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, que cuenta con un presupuesto de alrededor de US\$ 2 millones.

El grado de asociatividad en los sistemas de innovación latinoamericanos varía de acuerdo al país, el sector y las áreas del conocimiento y la tecnología, aunque en general es aún incipiente. Éste es uno de los mayores desafíos para la política de ciencia, tecnología e innovación en la región, y durante el primer decenio del siglo 21 se multiplicaron las iniciativas para darle respuesta. Por ejemplo, en Brasil se tiene una larga experiencia en vincular a las universidades con el sector productivo, que se remonta a la creación del FINEP en 1970 y ha tenido éxitos significativos en varios sectores industriales.<sup>300</sup> En Argentina se crearon las unidades de vinculación tecnológica y los centros de desarrollo empresarial con el objetivo de promover las interacciones universidad-empresa y enlazar la oferta de conocimientos y servicios tecnológicos

297 Véase: [http://www.conacyt.mx/Convocatorias/Convocatoria\\_FondosSectoriales.html](http://www.conacyt.mx/Convocatorias/Convocatoria_FondosSectoriales.html)

298 El esquema establecido en Venezuela es similar al que estuvo vigente en el Perú entre 1970 y mediados del decenio de 1980. Véase la referencia al caso de INTINTEC en la sección 5.3.2.

299 En la actualidad existen varios laboratorios públicos (CenPRA, CBPE, LNLIS, INT, EMBRAPA y MDIC) y privados (universidades y centros de formación tecnológica como UNICAMP, SENAI y UNIFESP), empresas (BioGenetics Indústria e Comércio, GETEC Guanabara Química Industrial, Embrarad Empresa Brasileira, Suzano Petroquímica S. A.) y redes (NanoBioEstructuras, Nanobiomagnetismo, Nanocósméticos) dedicadas al desarrollo de la nanotecnología.

300 De Brito Cruz 2010.

con las empresas.<sup>301</sup> La vinculación entre universidades y empresas en Chile ha sido muy importante en sectores como la agroindustria, acuicultura y viticultura, que han alimentado el buen desempeño exportador de la economía chilena.<sup>302</sup>

En Colombia, la Dirección Nacional de Extensión y de Educación Continua de la Universidad Nacional le dio un fuerte impulso a la relación de la universidad con algunos sectores dinámicos de la economía.<sup>303</sup> Los centros de servicios e investigación universitarios en Costa Rica y el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) en Chile han logrado también vincular a las universidades y empresas, y en el Perú los Centros de Innovación Tecnológica (CITES) han apoyado a las pequeñas y medianas empresas con una variedad de servicios tecnológicos de manera eficiente y efectiva.<sup>304</sup> En forma adicional, varios países de la región están fortaleciendo los servicios de extensión, los parques tecnológicos, las incubadoras de empresas en las universidades, y las redes entre instituciones de investigación y empresas. La mayoría de los préstamos del BID para ciencia, tecnología e innovación incluyen líneas de financiamiento específicamente diseñadas para apoyar proyectos conjuntos entre universidades, centros de investigación y empresas.<sup>305</sup>

Los bancos multilaterales de desarrollo, y en especial el BID, están jugando un papel clave en el financiamiento de la ciencia, tecnología e innovación en la región. Durante el primer decenio del siglo 21, el BID ha mantenido su posición como principal fuente de financiamiento multilateral en este campo, con préstamos vigentes en varios países de la región.<sup>306</sup> La operación de mayor envergadura se concretó en el 2009, cuando el gobierno argentino suscribió una Línea de Crédito Condicional para Proyectos de Inversión (CCLIP) con esta institución por un total de US\$ 750 millones, a ser desembolsados en cinco años. En forma similar, pero en menor escala, los programas del Banco Mundial para el apoyo de la competitividad han permitido movilizar recursos adicionales y cooperación técnica a países de la región.<sup>307</sup>

La cooperación bilateral, incluida la cooperación Sur-Sur, ha ayudado a captar recursos adicionales para investigación y desarrollo, aunque en una escala mucho menor que la de los organismos financieros multilaterales (recuadro 3). Además de ayuda

301 Guillermo Anlló y Fernando Peirano 2005.

302 Jorge Katz 2010.

303 Judith Sutz 2007.

304 Para el caso del Perú, véase: Juana Kuramoto y Máximo Torero 2009; Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 1999; y [http://www.apec-smeic.org/newsletter/newsletter\\_read.jsp?SEQ=654](http://www.apec-smeic.org/newsletter/newsletter_read.jsp?SEQ=654).

305 Véase: De Moura Castro, Laurence Wolff y John Alic 2000.

306 El BID cuenta con préstamos activos en Argentina (US\$ 330 millones) y un nuevo préstamo de US\$ 780 millones. Chile (US\$ 13 millones), Guatemala (US\$ 6.2 millones), Jamaica (US\$ 8.5 millones), Nicaragua (US\$ 6.5 millones), Panamá (US\$ 19.7 millones), Paraguay (US\$ 7.3 millones), Perú (US\$ 25 millones) y Uruguay (US\$ 54 millones). Recientemente aprobó un préstamo por US\$ 500 millones para Colombia.

307 Por ejemplo, el Banco Mundial ha otorgado préstamos para la mejora de la competitividad en Colombia (US\$ 300 millones), Chile (US\$ 30 millones) y Nicaragua (US\$ 17 millones).

financiera, los convenios bilaterales de cooperación con países tecnológicamente más avanzados incluyen por lo general componentes significativos de asistencia técnica. Algunos programas de cooperación Sur-Sur involucran montos significativos, pero deben ser examinados con cierto detenimiento. Por ejemplo, Venezuela y Uruguay firmaron en el 2007 un convenio bilateral por US\$ 427 millones para financiar proyectos en medicina, biotecnología, genética ganadera e informática. Sin embargo, no se tiene información sobre si estos son recursos adicionales a los incluidos en el presupuesto de ciencia y tecnología de estos países.<sup>108</sup>

Por otra parte, si bien los mercados de capital de riesgo son aún incipientes en la región, los avances y experiencias de algunos países muestran la importancia de recurrir a una combinación de fuentes privadas y públicas de financiamiento para promover y materializar los procesos de innovación en el sector productivo. Éste es un tema difícil y complejo de abordar, entre otras razones, porque la rentabilidad esperada de los proyectos es difícil de estimar, se requiere un portafolio de inversiones muy amplio para distribuir el riesgo (sólo uno o dos de diez proyectos tienen éxito comercial), los mercados financieros en los países de la región no están aún muy desarrollados, y las normas y prácticas de gobierno corporativo no facilitan la participación de los inversionistas como socios minoritarios. A esto se une la persistencia de actitudes rentistas, una cultura emprendedora incipiente, el comportamiento conservador de los inversionistas institucionales, y un mercado de emprendimientos innovadores muy pequeño.<sup>109</sup>

Pese a estas limitaciones, países como Brasil y Chile han demostrado avances en la provisión de capital de riesgo. Esto se debe, entre otros factores, al mayor desarrollo relativo de sus mercados de capital, a que los derechos de accionistas minoritarios están mejor protegidos, a que la participación de los inversionistas institucionales es más activa, y a que se ha avanzado en las prácticas de gobernabilidad corporativa. En Brasil existen más de setenta organizaciones dedicadas a proveer capital de riesgo con una disponibilidad de recursos que excede los US\$ 5,500 millones, y el Programa INNOVAR, de la FINEP del Ministerio de Ciencia y Tecnología, tiene como uno de sus objetivos centrales apoyar a las entidades que proveen capital de riesgo a las empresas medianas y pequeñas. Por su parte, en el 2006 los fondos de capital de riesgo en Chile comprometieron más de US\$ 300 millones en proyectos de innovación.

<sup>108</sup> Existe un gran número de programas bilaterales y regionales de cooperación en ciencia y tecnología en la región, como PROCISUR en agricultura, CABBIO en biotecnología y EBAI en tecnologías de la información. Véase: Amitav Rath 2001; y Guillermo Lemarchand 2010: 125-141.

<sup>109</sup> Luis Felipe Jiménez 2007.

### RECUADRO 3. Algunas iniciativas de cooperación para ciencia, tecnología e innovación en América Latina en el decenio del 2000

**Argentina:** en el 2008 se firmó un acuerdo para instalar en Buenos Aires la primera oficina latinoamericana del Centro Internacional para la Ingeniería Genética y la Biotecnología, afiliado al sistema de la ONU, que realiza actividades interdisciplinarias de investigación científica y enseñanza. En el 2005 se creó el Centro Argentino-Brasileño de Nanociencia y Nanotecnología (CABNN), con el fin de realizar investigaciones y formar recursos humanos.

**Brasil:** en el 2007 Brasil y la Unión Europea firmaron un acuerdo de cooperación científica y tecnológica en campos tales como cambio climático y medio ambiente. En ese mismo año Brasil y Chile iniciaron un plan de acción conjunto sobre biocombustibles con la participación de los sectores público, privado y académico de ambos países.

**Chile:** en el 2009 Chile firmó acuerdos científicos y ambientales con sus contrapartes de Cuba y Honduras para fomentar la vinculación entre sus respectivas comunidades científicas, particularmente en las áreas de biocombustibles y biotecnología. En el 2006 el gobierno chileno y la UNESCO firmaron un acuerdo para apoyar investigaciones científicas en temas vinculados al agua en zonas áridas de América Latina.

**Colombia:** en el 2009 Colombia y Microsoft Research firmaron un convenio con la finalidad de promover el uso de las tecnologías de información en la investigación científica, y de establecer un centro de investigación en bioinformática.

**Costa Rica:** en el 2005 el gobierno de Costa Rica y la Unión Europea suscribieron un convenio por € 14,9 millones para crear el Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENIBiot), con la finalidad de contribuir al desarrollo económico del sector agroindustrial y proteger el medio ambiente.

**Ecuador:** en el 2009 Ecuador y Cuba suscribieron nueve convenios de cooperación sobre salud, educación, cultura, energía, deportes, ciencia y tecnología, cubriendo áreas tales como vacunas, medicamentos, productos biotecnológicos y la industria agroalimentaria.

**MERCOSUR:** en julio del 2008 los países del MERCOSUR y los estados asociados suscribieron el Programa Marco de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva 2008-2012 destinado a articular políticas de desarrollo con el fin de agregar valor a la producción en la región. Por otro lado, en el 2007 se aprobaron los nueve primeros proyectos que serán financiados por el Fondo de Convergencia Estructural (FOCEM), el cual cuenta con alrededor de US\$ 70 millones y busca aumentar la competitividad de los países miembros y reducir las asimetrías entre sus economías. Asimismo, en el 2005 el MERCOSUR y la Unión Europea firmaron un convenio de cooperación con la finalidad de poner en marcha la plataforma de biotecnologías del MERCOSUR (BIOTECSUR), que articula iniciativas públicas y privadas para buscar soluciones sustentables a problemas de alcance regional y global.

**México:** en el 2007 la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI) y el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI) firmaron un acuerdo para promover el intercambio y el uso de la información de patentes para el desarrollo de negocios, especialmente entre las pequeñas y medianas empresas (Pymes) mexicanas. En ese

mismo año, el gobierno mexicano y la Comunidad Europea firmaron un convenio de tres años para financiar conjuntamente proyectos de investigación por un monto de € 20 millones. En el 2006 México y la Unión Europea firmaron un acuerdo por US\$ 25 millones para establecer un fondo de cooperación para financiar proyectos de investigación y desarrollo.

**Perú:** en el 2007 la Unión Europea donó al Perú US\$ 16,9 millones para el programa "Capacitate Perú", que busca mejorar la calidad de la enseñanza científico-técnico-productiva, orientándola a especialidades que respondan a los requerimientos laborales y de desarrollo de cada región del país. En el 2010 los gobiernos de Perú y Uruguay firmaron un acuerdo para i promover proyectos conjuntos de investigación e innovación tecnológica, intercambiar información y expertos, y organizar conferencias, seminarios y reuniones.

**República Dominicana:** en el 2008 se inició el Programa ACP – Unión Europea de ciencia y tecnología, financiado con € 33 millones, cuyo objetivo es coordinar actividades y redes de investigación aplicada, en áreas tales como salud, biotecnología, energía renovable, agroindustria y comercio sostenible.

**Uruguay:** en el 2007 la Unión Europea donó US\$ 18 millones al gobierno uruguayo para promover actividades de innovación e investigación en universidades durante el período 2007-2013. En el 2006 se inauguró la primera sede en América Latina del Instituto Pasteur de París, que se especializará en temas tales como cáncer, envejecimiento y productos farmacéuticos para uso humano y animal. También formará investigadores jóvenes y propiciará el regreso a la región de científicos sudamericanos que residen en Europa y los Estados Unidos.

Fuente: elaborado por Rafael Castillo sobre la base de información de varias fuentes, y en particular de SciDev.Net, "News, views and information about science, technology and the developing world", disponible en: <http://www.scidev.net>

### 6.3.3 Otras iniciativas regionales en ciencia, tecnología e innovación

Reseñaremos brevemente varias otras iniciativas en América Latina durante el decenio del 2000, que abarcan la formación de recursos humanos de alto nivel; la evaluación de políticas de ciencia, tecnología e innovación; y los temas de pobreza, exclusión social, medio ambiente y cambio climático

Otro conjunto de iniciativas está relacionado con el papel clave de los investigadores y con la necesidad de realizar esfuerzos sostenidos a lo largo tiempo para contar con una masa crítica de personal de alto nivel en las áreas de ciencia y tecnología prioritarias para la región. De acuerdo a Guillermo Lemarchand, "Pese a la existencia de importantes islas de excelencia en la formación de recursos humanos altamente calificados en ciencia y tecnología [...], en términos generales las insuficiencias son generalizadas y esto representa el primer cuello de botella [...] para

la investigación científica, el desarrollo tecnológico o la innovación productiva".<sup>30</sup> Sólo dos países, México y Brasil, concentran más del 90% de los doctores en ciencia que se gradúan en la región y, el número de doctorados en ciencias sociales y humanidades es cinco veces superior al de aquellos en ciencias, ingenierías, medicina, agricultura y tecnología. Esto hace necesario desarrollar urgentemente iniciativas que permitan alcanzar una masa crítica de capital humano especializado en ciencia, tecnología e innovación, tarea que requiere de inversiones significativas y sostenidas por largo tiempo.

Brasil es la excepción regional en lo referente al apoyo a los posgrados en ciencia y tecnología, ya que cuenta desde hace varios decenios con un sistema articulado de becas y préstamos que le permite formar alrededor de 7 mil doctores al año.<sup>31</sup> El gobierno chileno creó en el 2008 un fondo patrimonial de US\$ 6 mil millones para financiar becas de posgrado y de formación en actividades tecnológicas de alta especialización, con lo cual será posible otorgar 1,500 becas anuales a partir del 2012. En el 2009 el gobierno colombiano creó el programa de formación doctoral Generación del Bicentenario, con un fondo inicial para el 2009-2010 de US\$ 15 millones, con la finalidad de formar 500 doctores anuales y de alcanzar en el 2019 un total de 4,400 nuevos doctores en ciencias y tecnologías. Finalmente, la mayoría de los planes de ciencia y tecnología en la región formulados durante el último decenio han puesto énfasis en la formación de doctores en las diversas ramas de la ciencia y la tecnología, si bien muchas veces estos planteamientos permanecen aún en el nivel de exhortaciones.

Un conjunto adicional de iniciativas durante el primer decenio del siglo 21 está orientado hacia mejorar los sistemas de información y estadísticas y las evaluaciones de impacto, condiciones necesarias para mejorar la efectividad en la formulación e implementación de políticas y estrategias.

Los países de la región pueden agruparse en tres categorías de acuerdo al grado de desarrollo de sus sistemas de información sobre ciencia, tecnología e innovación: consolidados, de desarrollo medio, y emergentes.<sup>32</sup> En el primer grupo están aquellos países cuyos sistemas cuentan con indicadores apropiados, bases de datos con amplia cobertura (incluido el sector privado), series temporales extensas y sin vacíos, metodologías y procedimientos estadísticos adecuados, organizaciones idóneas y recursos humanos calificados (Argentina, Brasil, Chile y Colombia). El segundo grupo incluye a los países que presentan problemas de continuidad y consistencia en sus series estadísticas, que cubren sólo parcialmente las actividades del sector privado,

<sup>30</sup> Guillermo Lemarchand 2010: 41 y gráfica núm. 26.

<sup>31</sup> Mario Cimoli, João Carlos Ferraz y Annalisa Primi 2005.

<sup>32</sup> Véase: Mario Albornoz 2007.

y cuyas capacidades metodológicas y organizativas están aún en desarrollo (Cuba, Costa Rica, Panamá, Paraguay, Perú, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela). El tercer grupo comprende países que están en las etapas iniciales de constitución de sus sistemas de información y recolección de datos, cuya información es aún escasa y dispersa, y que cuentan sólo con indicadores básicos acerca de recursos humanos y, en menor medida, financiamiento (Bolivia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras y Jamaica).

La importancia de los datos estadísticos, de la información sobre actividades científicas y tecnológicas, y de las características de los sistemas de innovación, es crucial para el diseño y puesta en práctica de políticas y estrategias basadas en la evidencia, para hacer un seguimiento de sus efectos, y para evaluar su desempeño e impacto. A medida que se avanza en la creación y consolidación de capacidades de ciencia, tecnología e innovación, se hace necesario contar con información más detallada, precisa y proporcionada a tiempo. Esto se aplica especialmente a las actividades de innovación en las empresas, que son más difíciles de registrar y analizar que la información y datos provistos por los centros de investigación y universidades, que requieren de una combinación de encuestas periódicas y datos estadísticos, y que involucran problemas de confidencialidad e interpretación. Además, es preciso asegurar la consistencia y la armonización de los procedimientos para recabar datos e información, no sólo en el tiempo, sino también con aquellos que emplean otros países, de tal manera de permitir comparaciones en el ámbito regional e internacional.<sup>313</sup>

Durante el primer decenio del siglo 21 se ha puesto énfasis en las evaluaciones de impacto de los instrumentos de políticas de ciencia, tecnología e innovación, y en particular aquellos que financian proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en centros de investigación y empresas. Estas evaluaciones han servido para demostrar la alta rentabilidad de las inversiones en este tipo de proyectos, así como para realizar ajustes en la forma en que se ejecutan. Por ejemplo, la evaluación de impacto del FONCyT, instrumento que financia proyectos de investigación y desarrollo en Argentina, demostró que es muy efectivo para crear y consolidar capacidades científicas que tienen externalidades positivas.<sup>314</sup> Asimismo, diversas evaluaciones econométricas, así como estudios de caso, señalan que los programas de apoyo a la innovación, ciencia y tecnología en las empresas y centros de investigación, y los que buscan promover la asociatividad entre ambos, han tenido un efecto multiplicador y resultados económicos positivos.<sup>315</sup>

<sup>313</sup> Gustavo Crespi y Fernando Peirano 2007.

<sup>314</sup> Daniel Chudnovsky, Andrés López, Martín A. Rossi y Diego Ubfal 2008: 75-87; José Miguel Benavente, Gustavo Crespi y Alessandro Maffioli 2007; Gustavo Crespi y José Miguel Benavente 2003; Daniel Chudnovsky, Andrés López, Martín Rossi y Diego Ubfal 2006; y Bronwyn H. Hall y Alessandro Maffioli 2008.

<sup>315</sup> Sin embargo, estos resultados deben ser tomados con cautela debido a la dificultad de capturar las externalidades y a que la mayoría de las evaluaciones son de corto plazo, además de la posibilidad de que existan problemas de sesgo de selección. Véase:

Por último, durante el decenio del 2000 varios países latinoamericanos han solicitado una revisión de sus políticas nacionales en estos campos, con el fin de introducir los ajustes necesarios para mejorar su efectividad. Por ejemplo, la OCDE, a través de su Dirección de Ciencia, Tecnología e Industria, ha realizado una revisión de las políticas de innovación en Chile (2007), México (2009) y Perú (2010). Asimismo, en el 2010 la UNCTAD y la CEPAL realizaron exámenes de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en el Perú, República Dominicana y El Salvador. La participación de organismos internacionales en estas revisiones y exámenes permite difundir buenas prácticas y aprovechar la experiencia de países fuera de la región.<sup>316</sup>

La movilización de la ciencia, tecnología e innovación para reducir la pobreza y la exclusión, y para mejorar la calidad de vida de la población, ha dado lugar a un quinto grupo de iniciativas en materia de política en la región durante el primer decenio del siglo 21. Los altos niveles de pobreza y desigualdad existentes en América Latina hacen necesario darle mayor importancia a las políticas de ciencia, tecnología e innovación que tienen un impacto en el desarrollo social. En particular, se ha puesto énfasis en el papel que juegan las tecnologías de la información y la comunicación en campos tales como la salud y la educación, el desarrollo de la pequeña empresa y la generación de empleo, el acceso a fuentes de información en zonas rurales y apartadas, la seguridad y la gestión de catástrofes.<sup>317</sup> Asimismo, tanto la OEA como la CEPAL y las Naciones Unidas han explorado las maneras en que sería posible reorientar las prioridades de investigación científica y desarrollo tecnológico para fomentar innovaciones que estén directamente al servicio del desarrollo social. El informe sobre el desarrollo humano preparado por la oficina del PNUD en Cuba en el 2003 estuvo dedicado a la forma en que la ciencia y la tecnología pueden contribuir al desarrollo humano.<sup>318</sup>

Por su parte, el BID lanzó en el 2008 la iniciativa Innovación para el Desarrollo Inclusivo para financiar proyectos de innovación en productos, procesos y servicios orientados hacia mejorar la calidad de vida, no sólo de los pobres, sino también de las personas excluidas y con discapacidad. Otra iniciativa en este campo es el programa de reconocimiento y asesoría Recognition and Mentoring Program (RAMP), auspiciado por la Fundación Lemelson, que promueve la innovación tecnológica en sectores rurales marginales, principalmente a través de programas de acompañamiento, formación y reconocimiento a innovadores para mejorar las condiciones de vida de las personas en situación de pobreza.<sup>319</sup>

Andrés López 2009.

<sup>316</sup> Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) 2007 y 2009; Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) 2010.

<sup>317</sup> Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 2008b: 237-247.

<sup>318</sup> Organización de Estados Americanos (OEA) 2006: 69-88; Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 2003; e Isabel Licha 2007 y 2003.

<sup>319</sup> Véase: [www.ramp-peru.org.pe/portal/](http://www.ramp-peru.org.pe/portal/).

La ciencia como herramienta contra la pobreza y la exclusión fue el tema de una conferencia realizada con el auspicio del Ministerio de Ciencia e Innovación de España en abril del 2010, en la cual se examinó el potencial que tienen la investigación y la tecnología para enfrentar los problemas sociales. Los ejemplos mencionados por la Ministra de Ciencia e Innovación española incluyeron el diagnóstico molecular para reducir la mortalidad infantil, la investigación agropecuaria en la lucha contra el hambre, y el uso de tecnologías renovables para dar acceso a electricidad en zonas alejadas. Resaltando la "responsabilidad social de la ciencia", en este evento se anunció la creación de un programa de cooperación internacional para luchar contra la pobreza y la exclusión a través de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Un último grupo de iniciativas en marcha se refiere al papel de la ciencia, tecnología e innovación en el desarrollo sostenible y el cambio climático. América Latina tiene una larga historia de iniciativas y políticas ambientales, tal como lo demuestra la seminal compilación de textos sobre estilos de desarrollo y medio ambiente que hicieron Osvaldo Sunkel y Nicolo Gligio en 1980.<sup>320</sup>

Durante el decenio del 2000 se difundió ampliamente en la región la importancia de enfrentar los problemas ambientales y las consecuencias del cambio climático. Un taller sobre ciencia y tecnología para la sostenibilidad, realizado en marzo del 2002 en Santiago de Chile, examinó los desafíos prácticos, teóricos y organizativos que presenta el desarrollo sostenible a la ciencia, tecnología e innovación en América Latina, diferenciándolos de otros retos vinculados a la competitividad económica y la globalización.<sup>321</sup>

El informe sobre perspectiva global del medio ambiente del 2007, preparado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), señala una serie de consecuencias ambientales de las tendencias socioeconómicas de América Latina y el Caribe.<sup>322</sup> Asimismo, el informe sobre el desarrollo mundial 2010, preparado por el Banco Mundial, y el informe anual del Departamento de Asuntos Económicos

y Sociales de las Naciones Unidas, han destacado los desafíos ambientales de la región. El primero de estos documentos señala que "los ecosistemas más críticos de América Latina y el Caribe están amenazados" y, en particular, los glaciares andinos, los arrecifes de coral en el Caribe, los manglares del golfo de México, y la selva amazónica; el segundo pone énfasis en las consecuencias del cambio climático y en la necesidad de fomentar el uso de energías renovables poniendo como ejemplo el caso del etanol en Brasil.<sup>323</sup> Por su parte, la reseña del 2009 sobre cambio climático y desarrollo en América Latina, preparada por la CEPAL, destaca la importancia de la transferencia tecnológica en la región para mejorar la competitividad en el marco de una mayor preocupación mundial por los efectos del cambio climático, y describe los obstáculos que plantean para esto las normas internacionales sobre propiedad intelectual.<sup>324</sup>

La toma de conciencia sobre el deterioro del medio ambiente y los efectos nocivos del cambio climático ha motivado una respuesta regional del BID, que lanzó en el 2006 la Iniciativa de Energía Sostenible y Cambio Climático (SECCI). Esta iniciativa tiene por objeto apoyar las inversiones para hacer frente al cambio climático en la región, y cuenta con recursos aportados por el BID y por el Reino Unido, Alemania, España, Finlandia, Italia, Japón, Corea y Austria, a través de un fondo multidonantes. Los temas que cubre son: desarrollo de energías renovables; mejoras en la eficiencia energética; promoción del uso de biocombustibles; acceso al financiamiento vinculado a la reducción de emisiones de carbono; y estrategias de adaptación para reducir la vulnerabilidad al cambio climático. Esta iniciativa promueve diálogos de política, ayuda a preparar préstamos que apoyan reformas de política relacionadas con el cambio climático, financia actividades de cooperación técnica, y provee financiamiento no reembolsable para donaciones.

Durante el 2008-2009, el BID aprobó más de medio centenar de proyectos de cooperación técnica en el marco de la iniciativa SECCI por un total de US\$ 35 millones. Los primeros proyectos financiados con recursos de la iniciativa SECCI apoyaron la creación de una ventanilla única para el financiamiento de proyectos de energía renovable en Honduras, la preparación de un mapa de recursos eólicos en Costa Rica, la asistencia técnica sobre incentivos para el uso de biocombustibles en El Salvador, y un proyecto para mejorar la eficiencia de edificios públicos en México. La SECCI ha financiado también varios proyectos regionales en temas tales como la adaptación de las plantaciones de café al cambio climático, el diseño de una estrategia de energías sostenibles en el Caribe, la exploración de opciones para la bioenergía en la región, y la promoción de eficiencia energética en el sector privado. Además, en el 2009 el BID aprobó ocho préstamos por un total de US\$ 1,700 millones en las áreas

<sup>320</sup> Osvaldo Sunkel y Nicolo Gligio 1980. En particular, destacan los planteamientos de Raúl Prebisch y Amílcar Herrera. Prebisch enfatizó que "la irracionalidad en la explotación del recurso energético se ha propagado a todo el sistema [económico mundial]. El bajo costo del petróleo ha influido considerablemente sobre la investigación tecnológica, orientándola hacia formas en extremos abusivas de empleo de este bien agotable y también de otros recursos naturales [...] Son muy graves las consecuencias sobre la biósfera, la depredación de recursos naturales agotables, sobre todo el recurso energético, o los fenómenos de contaminación de la atmósfera, los ríos y los mares que, a pesar de su carácter renovable, no están exentos de los efectos adversos de la técnica" (vol. 1: 68). Herrera destacó la vinculación entre la biósfera y las actividades humanas y propuso un enfoque y metodología para generar tecnologías apropiadas en armonía con el medio ambiente (vol. 2: 558-589).

<sup>321</sup> Gilberto G. Gallopín 2005: 11-12. Véase también: Nicolo Gligio 2006, especialmente el capítulo V: 37-43, que diferencia entre los desafíos de las políticas científicas y las políticas tecnológicas en relación con el medio ambiente y el desarrollo.

<sup>322</sup> Este informe destaca desafíos tales como la contaminación del aire en las ciudades, la provisión de agua potable y de servicios de saneamiento, el manejo de los desechos sólidos; la pérdida de biodiversidad terrestre, la deforestación, la degradación de los suelos y la desertificación; el deterioro de las costas, la desaparición de manglares, la contaminación de los mares, la sobrepesca y la pérdida de biodiversidad marina; y la vulnerabilidad de la región al cambio climático, particularmente con respecto a los eventos extremos (sequías, inundaciones, huracanes), la desaparición de los glaciares y la pérdida de fuentes de agua, la disminución de la productividad agrícola y ganadera, y el resurgimiento de epidemias. Véase: United Nations Environment Program (UNEP) 2007: 239-253.

<sup>323</sup> Banco Mundial 2010a: 6, véase también el capítulo 7 de este informe para una discusión de cómo acelerar la innovación para combatir los efectos negativos del cambio climático; y United Nations 2009: 116-116.

<sup>324</sup> José Luis Samaniego 2009: 92-98.

de energías renovables, eficiencia energética, bioenergía y capacidades institucionales, que son los cuatro pilares en los que se basa la iniciativa SECCI.<sup>125</sup>

\* \* \*

El conjunto de iniciativas regionales reseñadas en esta sección, que son sólo parte de las diversas maneras en que los temas vinculados a ciencia, tecnología e innovación están adquiriendo cada vez más presencia en América Latina, indica que se están dando nuevamente las condiciones propicias para que estos temas se incorporen plenamente a las agendas de desarrollo en los países de la región. En cierta medida, pareciera que estamos en una situación similar a la de los decenios de 1960 y 1970, cuando las políticas científicas y tecnológicas concitaban la atención preferencial de políticos, empresarios e intelectuales. Esto hace sumamente importante asimilar y capitalizar las lecciones del pasado para mejorar el diseño y puesta en práctica de iniciativas para promover la ciencia, tecnología e innovación.

#### 6.4 Principios y criterios para el diseño de políticas y estrategias

Como se señaló anteriormente (sección 5.5), la preocupación por el diseño e implementación de estrategias y planes nacionales de desarrollo surgió nuevamente hacia mediados del decenio de 1990, luego de más de quince años del predominio de ideas y políticas basadas en el libre juego de las fuerzas de mercado y en minimizar el papel del Estado. La adopción por el Banco Mundial del "Marco integral para el desarrollo" (*Comprehensive development framework*) en 1999, puede considerarse como un punto de inflexión en el desplazamiento del centro de atención hacia el diseño de políticas y estrategias más equilibradas en cuanto al papel que desempeñan el mercado, el Estado y la sociedad civil en el proceso de desarrollo, y hacia la incorporación de consideraciones de planeamiento estratégico en el mediano y largo plazo.<sup>126</sup>

La reevaluación del papel que juega el Estado en el proceso de desarrollo coincidió con la etapa de sistemas de innovación en la evolución de la política científica y tecnológica en América Latina, y ayudó a legitimar el renovado interés en el diseño e implementación de intervenciones del sector público para crear y consolidar capacidades y competencias en ciencia, tecnología e innovación. Tomando en cuenta la experiencia de varios decenios, tanto positiva como negativa, es posible identificar siete principios o criterios para guiar estos esfuerzos.

En primer lugar, *las estrategias y políticas de ciencia, tecnología e innovación deben estar plenamente incorporadas en la estrategia general de desarrollo*. Los intentos aislados

de crear espacios de excelencia científica y tecnológica sin vincularlos estrechamente con los objetivos más amplios de desarrollo, con los medios para lograrlos y con el apoyo decidido de los líderes políticos, son insostenibles en el largo plazo. Al mismo tiempo, las estrategias de desarrollo que no contemplan un papel central para la ciencia, tecnología e innovación están condenadas al fracaso en la sociedad del conocimiento del siglo 21. Al margen de los argumentos teóricos acerca de la dirección de causalidad entre el aumento de las inversiones en ciencia, tecnología e innovación, por un lado, y las mejoras en el desempeño económico y en la calidad de vida, por otro, la evidencia de varios decenios muestra que sin capacidades en este campo no es posible lograr avances socioeconómicos sostenibles.

En segundo lugar, las limitaciones de recursos, tanto públicos como privados, así como la enorme gama de posibilidades que ofrecen la ciencia y la tecnología modernas, exigen *un enfoque selectivo y la definición de prioridades estratégicas* para ciencia, tecnología e innovación. Estas prioridades deben establecerse en función de las demandas sociales, productivas y ambientales, de los continuos problemas críticos que afectan a la población y de las vulnerabilidades a que está expuesto el país, y de los desafíos y oportunidades que presenta la inserción internacional. Partiendo de estas áreas prioritarias, será posible identificar una serie de "encadenamientos hacia atrás" que, en primera instancia, abarcan la gama de capacidades tecnológicas, actividades de investigación y desarrollo, competencias de gestión y operación, y provisión de servicios científicos y tecnológicos necesarias para lograr un buen desempeño y cumplir con los objetivos establecidos en las áreas prioritarias. Estos encadenamientos hacia atrás se extienden, en segunda instancia, hasta las áreas del conocimiento, las disciplinas académicas, las profesiones tecnológicas, y los programas de investigación básica y aplicada requeridas para sustentar la gama de capacidades, actividades, competencias y servicios identificados en primera instancia. De esta manera es posible articular secuencias de intervenciones, prerrequisitos, resultados intermedios, efectos y consecuencias que le dan sentido a la estrategia de ciencia, tecnología e innovación.

El tercer criterio se refiere a la necesidad de que exista una *continuidad en los esfuerzos por crear capacidades endógenas de ciencia, tecnología e innovación*. La referencia al carácter de desafío de Sísifo que tienen estos esfuerzos, mencionada en la introducción a este trabajo, sugiere que es preciso mantener el rumbo por al menos un decenio una vez que se han seleccionado las áreas prioritarias y las configuraciones de encadenamientos hacia atrás que las apoyan. Éste es un criterio particularmente importante en los países de América Latina, en muchos de los cuales el recambio de autoridades y directivos de las entidades públicas vinculadas a la ciencia, tecnología e innovación implica modificaciones significativas en las políticas y estrategias. En la gran mayoría de los casos, es posible rescatar y construir sobre lo hecho anteriormente,

<sup>125</sup> Véase: Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 2009b: 19-23 y 2009a.

<sup>126</sup> Véase: James Wolfensohn 1999; 2001; y 2002.

al menos en forma parcial, en vez de empezar de cero adoptando una actitud de "borrón y cuenta nueva" que lleva a descalificar totalmente las iniciativas anteriores.

El cuarto criterio se refiere a la integración de la *investigación científica, el desarrollo tecnológico y las actividades productivas, considerando también el conocimiento y las técnicas tradicionales*, para construir capacidades endógenas de ciencia, tecnología e innovación en las áreas prioritarias. Esta integración debe realizarse en forma progresiva a lo largo de las secuencias de encadenamientos hacia atrás, y debe tomar en cuenta también la dimensión territorial. Para este fin es necesario fortalecer los vínculos entre las fuentes y los usuarios de conocimiento y tecnología, tanto internos como externos, adoptando medidas para promover la asociación de universidades y centros de investigación, por un lado, y empresas productivas y de servicios, por otro, e incentivando la adaptación y absorción del conocimiento y la tecnología provenientes del exterior. Consideraciones referentes a la masa crítica cuantitativa, cualitativa y de interfase (véase la sección 3.4) deben ser incorporadas en el diseño de instrumentos de política para asegurar la consolidación y sostenibilidad de los esfuerzos por integrar la ciencia, la tecnología y la producción.

En quinto lugar, *el diseño y la puesta en práctica de estrategias y políticas de ciencia, tecnología e innovación deben basarse en un conocimiento y comprensión adecuados de las motivaciones y lógicas de comportamiento de los actores que intervienen en los sistemas de innovación*, y en particular de la diversidad de empresas que tienen el papel protagónico en ellos. Para este fin, es necesario un análisis de los objetivos, intereses, actitudes y prejuicios que caracterizan el desempeño de estos actores, lo que permitirá identificar los incentivos positivos y negativos que podrían modificar su comportamiento y contribuir al diseño e implementación de medidas que orienten su conducta hacia la dirección deseada. Este sesgo hacia políticas basadas en evidencia empírica conlleva la necesidad de elaborar líneas de base, hacer un seguimiento continuo de los efectos y resultados que se van obteniendo, y evaluar el impacto que tienen las intervenciones y medidas, lo que permitirá instaurar un proceso de aprendizaje continuo y ajuste de las estrategias y políticas de ciencia, tecnología e innovación.

Un sexto criterio se deriva de la experiencia acumulada durante los últimos seis decenios en la región. En ciencia, tecnología e innovación *es necesario adoptar políticas públicas activas en armonía con el mercado*, que eviten tanto el voluntarismo de los partidarios de la intervención sin límites del Estado, como la pasividad de los apologistas de la libertad irrestricta del mercado. Ambos excesos son nocivos y el objetivo debe ser buscar un equilibrio adecuado entre las políticas públicas y la iniciativa privada, que con seguridad irá cambiando con el tiempo y las circunstancias. La experiencia de la región y de otras partes del mundo demuestra

que la intervención estatal es fundamental e irremplazable en las primeras etapas del proceso de construcción y fortalecimiento de capacidades de ciencia, tecnología e innovación, pero que va siendo desplazada por la acción privada a medida que se avanza en este proceso.

Un problema que ha aquejado a muchos países de América Latina durante la segunda mitad del siglo 20, y que hemos mencionado anteriormente en este texto, ha sido el voluntarismo en el diseño de políticas y estrategias gubernamentales, que muchas veces han devenido en formalismos vacíos y excesos normativos, manifestados en una legislación frondosa, planes etéreos y exhortaciones sin consecuencias. El logro de un equilibrio adecuado entre los papeles del Estado y del sector privado en ciencia, tecnología e innovación requiere de una actitud pragmática y operativa con respecto al impacto de las políticas públicas en el comportamiento de las empresas, centros de investigación, universidades y otros actores en el sistema de innovación. A su vez, la puesta en práctica de estrategias y políticas implica especificar responsabilidades, asignar recursos, definir criterios de desempeño, y establecer mecanismos de seguimiento y evaluación. Incluye, además, la armonización de las políticas explícitas e implícitas para mejorar su efectividad (véase la sección 5.3.3).

Un último criterio se refiere a la necesidad de *ajustar las políticas de ciencia, tecnología e innovación a la situación específica de los países, regiones, sectores, áreas problemáticas y conjuntos de empresas (clusters) en un momento determinado*. Soluciones de política efectivas en un contexto determinado pueden no serlo en otro, lo que obliga a reexaminar la idoneidad y adecuación de las propuestas de política generales en función de las particularidades de cada situación. Asimismo, el centro de gravedad de las estrategias y políticas de ciencia, tecnología e innovación se desplazará con la evolución de las capacidades, y su contenido irá variando a lo largo del tiempo.

Estos siete criterios o principios no deben aplicarse en forma mecánica y taxativa. Por el contrario, exigen juicios de valor en cuanto a la pertinencia y peso relativo de cada uno de ellos en determinadas circunstancias, y esfuerzos para articularlos entre sí. Por ejemplo, los criterios de *selectividad y continuidad* deben ser armonizados tomando en cuenta el cambiante contexto internacional, la incertidumbre inherente a la investigación científica y el desarrollo tecnológico, y la complejidad de los procesos de innovación, que exigen una concepción flexible y adaptativa de la configuración de los encadenamientos hacia atrás y de la necesidad de mantener el rumbo. La flexibilidad en el diseño e implementación de políticas requiere evitar los extremos de rigidez y volatilidad, evaluando continuamente la necesidad de introducir ajustes sin desvirtuar el contenido de la estrategia, tarea en la cual la prospectiva científica y tecnológica puede ser de gran ayuda.

Considerando el tiempo que toma crear la gama de capacidades y de actividades de apoyo que sustentan las iniciativas en áreas prioritarias, es necesario lograr un difícil y precario equilibrio entre inversiones que rinden fruto en el corto, mediano y largo plazo, de tal manera de mantener el apoyo de las autoridades políticas, funcionarios públicos, dirigentes empresariales y laborales, y líderes académicos. En forma adicional, esto implica estar dispuestos a aceptar el fracaso, ya que es muy improbable que todas y cada una de las intervenciones tenga éxito en alcanzar los niveles adecuados de capacidades y competencias en investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación.

## 6.5 Una agenda para la renovación de las estrategias y políticas

Varios años de crecimiento económico, el interés de las autoridades políticas, las reformas e iniciativas en marcha, y la disposición a revisar la experiencia y las prácticas, hacen que los primeros decenios del siglo 21 sean un momento propicio para renovar las políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina. Como punto de partida, *existe ya un consenso, aún frágil, acerca del papel clave que juegan las capacidades de ciencia, tecnología e innovación en el desarrollo latinoamericano*. Las iniciativas reseñadas en las secciones precedentes sugieren que las autoridades políticas en los países latinoamericanos están tomando conciencia de la importancia de la ciencia, tecnología e innovación como uno de los principales pilares de las estrategias de desarrollo, y en particular de la agenda de competitividad en un contexto global de apertura comercial. Diversas reuniones de ministros, cumbres presidenciales y conferencias internacionales, así como numerosos talleres y seminarios técnicos, realizados durante el decenio del 2000, dan testimonio de la renovada atención que se está prestando a estos temas en la región.<sup>327</sup>

Además de consolidar las iniciativas reseñadas en la sección 6.3 de este capítulo, una agenda para la renovación de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina en el decenio del 2010 se deriva de los principales desafíos relacionados con la inserción internacional y los recursos naturales, la productividad y la competitividad, la gestión de la tecnología, el papel que jugará América Latina en la sociedad del conocimiento y en las industrias creativas, y la cooperación regional en ciencia, tecnología e innovación.

<sup>327</sup> Algunos ejemplos de estos eventos son: la Reunión de Ministros y Altas Autoridades de Ciencia y Tecnología llevada a cabo del 11 al 12 de noviembre del 2004, en Lima, Perú, organizada por la OEA, el BID y la CEPAL; el Primer Foro Regional sobre Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe - "Hacia un nuevo contrato social de la ciencia", celebrado en la ciudad de México del 11 al 13 de marzo del 2009, y el Segundo Foro Regional sobre este mismo tema que tuvo lugar en la ciudad de Buenos Aires del 23 al 25 de septiembre del 2009, ambos organizados por la Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe; las reuniones de trabajo preparatorias para la Cumbre Iberoamericana realizada en Estoril, Portugal, del 29 noviembre al 1 diciembre del 2009 sobre el tema de la innovación y el conocimiento; y el Foro Global sobre Asociaciones para la Creación de Capacidades en Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo Sustentable, organizado por el Banco Mundial en Washington del 10 al 11 de diciembre del 2009, que contó con una fuerte participación latinoamericana.

## 6.5.1 Recursos naturales y conocimiento

El primer desafío está vinculado con la *inserción internacional, los recursos naturales y la capacidad de generar conocimiento y tecnología*. La preocupación por la manera en que los países latinoamericanos se ubican en la división internacional del trabajo ha sido constante durante los últimos seis decenios. Como se indicó en los capítulos y secciones precedentes, con algunas notables excepciones, la región ha exportado materias primas con bajo valor agregado y con escaso contenido de conocimiento y tecnología. No obstante, el auge de los precios de las materias primas, en particular los minerales y el petróleo, ofrece una nueva (y temporal) oportunidad para transformar las estructuras productivas de la región, y para aprovechar las ventajas que ofrece el comercio internacional en la era de la globalización.

Esto puede hacerse de varias maneras, todas las cuales requieren inversiones significativas en ciencia, tecnología e innovación. En primer lugar, se puede mejorar la productividad y la eficiencia de las actividades primarias mediante inversiones en equipo y maquinaria, capacitación e innovación. Segundo, es posible promover encadenamientos productivos y de servicios hacia delante para agregar valor a las materias primas, y hacia atrás para proveer insumos a las actividades extractivas y primarias. Tercero, es posible emplear los ingresos adicionales que generan los altos precios de los productos primarios de exportación para financiar, a través de inversiones privadas y públicas, la reconversión del aparato productivo y de servicios incursionando en nuevas áreas y sectores con mayor contenido de conocimiento y tecnología.<sup>328</sup>

Una cuarta manera de mejorar la inserción de América Latina en la división internacional del trabajo consiste en identificar nichos específicos en las cadenas de valor globales en las cuales incursionar, especializándose en un eslabón crítico para el cual se tenga ventaja en relación con otros países y regiones. Por último, es posible crear nuevos mercados para productos con características y propiedades especiales —muchos de ellos basados en recursos naturales— que satisfagan la demanda de los consumidores globales de ingresos altos y medios, a los cuales se puede llegar empleando las tecnologías de información y comunicación.

Un estudio de Carlota Pérez<sup>329</sup> plantea con claridad las opciones que tiene América Latina para aprovechar el momento actual de altos precios de materias primas:

<sup>328</sup> De acuerdo a la CEPAL: "La dotación de recursos naturales incide en el patrón de especialización, pero dotaciones similares son compatibles con grados distintos de diversificación productiva y con diferentes pesos de los sectores intensivos en tecnología. Esto sugiere que las disparidades de desempeño se relacionan en mayor medida con el destino que se da a las rentas generadas por los recursos naturales que con su abundancia relativa. En aquellos países en que se han usado esas rentas para promover el aprendizaje y la diversificación se registran indicadores de estructura más favorables, que se reflejan en su desempeño relativo". Véase: Mario Cimoli y colaboradores 2007: 133.

<sup>329</sup> Carlota Pérez 2002 y 2010: 123-145; y Anabel Marin, Lizbeth Navas-Alemán y Carlota Pérez 2009.

El problema tradicional de la mono-exportación de materias primas podría convertirse en un futuro de tecnologías complejas y elevado crecimiento si se aprovecharan de manera inteligente las ventajas de los precios actuales y al parecer los favorables precios futuros de estos productos para financiar el esfuerzo de desarrollar las tecnologías y el capital humano vinculado con ellos. El continente podría convertirse en el suplidor de insumos materiales, alimentos y otros bienes agrícolas (desde los más estándar hasta los productos a la medida más sofisticados) para el resto del mundo. [...] El proceso podría involucrar el escalamiento tecnológico constante de las actividades basadas en recursos naturales y la mejora gradual del perfil de las exportaciones mediante innovaciones continuas en productos, procesos y actividades auxiliares, en particular con la visión de crear nichos de alto valor diferenciados de los mercados de "commodities" tradicionales. [p.15]

Pérez sugiere también áreas prioritarias para las inversiones en ciencia, tecnología e innovación, que llevarían a un mejor posicionamiento de las economías latinoamericanas en el nuevo contexto global:

La adquisición de capacidades en las industrias basadas en recursos naturales asociadas con la biotecnología y la ciencia de los materiales tiene la ventaja de preparar el terreno para el posicionamiento adecuado en las tecnologías posibles de prever como parte de la nueva revolución tecnológica: biotecnología, nanotecnología, nuevos materiales y energías. [p. 5]

[...]

Todas esas tecnologías pueden ser ubicadas en términos gruesos dentro de la categoría de industrias de procesos. Durante el período de gestación actual éstas tienden a desarrollarse en conexión con algunas de las industrias líderes existentes. Los nuevos materiales encontrarán cada vez más usos en las industrias de fabricación, la nanotecnología en superficies, electrónica, cosméticos, productos de salud y otros. También pueden influenciar la producción de materias primas, como en el caso de las bacterias especiales para la lixiviación en la minería o para eliminar contaminantes y derrames, o los aditivos químicos para dar cualidades particulares a la madera o servir como catalizadores en el refinamiento de petróleo y la petroquímica, los procesos para el control natural de plagas en la agricultura orgánica y así sucesivamente.

Si los ritmos históricos sirven como guía, la transición a esa nueva revolución podría ocurrir dentro de dos o tres décadas. Cualquiera sea el marco temporal, América Latina puede comenzar ahora un proceso de mejoramiento de sus capacidades a fin de estar mejor preparada para entrar en la próxima revolución utilizando sus actuales exportaciones de materias primas como plataforma y como fuente de financiamiento. [pp. 27-28]

Los planteamientos acerca de darle mayor valor agregado a los recursos naturales pueden extenderse hacia la creación de capacidades en ciencia, tecnología e innovación que integren el uso sustentable y eficiente de los recursos naturales con la producción de conocimientos científicos y tecnológicos de avanzada. El concepto de "economía del conocimiento natural" ha sido propuesto para caracterizar las posibilidades que tiene

Brasil, y por extensión América Latina, de concretar esta convergencia entre activos naturales y conocimiento científico y tecnológico. Kirsten Bound ha definido esta opción en los siguientes términos:<sup>330</sup>

Estamos acostumbrados a pensar que las economías del conocimiento y las de recursos naturales están en los extremos de un continuo. En realidad [...] todas las economías están basadas en una mezcla de conocimiento y activos naturales de algún tipo. Sin embargo, tendemos a considerar una ventaja comparativa basada en recursos naturales como indicativa de una economía en una etapa inmadura de desarrollo, que debe ser superada para poder alcanzar y empezar a expandir las fronteras de posibilidades tecnológicas.

El caso de Brasil cuestiona esta perspectiva lineal. La trayectoria alternativa que ofrece es una en que la expansión de su capacidad científica y tecnológica no está separada, o en oposición a, los recursos y activos naturales, sino íntegramente vinculados a ellos. Desde el petróleo y la hidroelectricidad hasta los biocombustibles y la agricultura, desde el desarrollo de la biodiversidad hasta las propiedades de cambio climático de la selva lluviosa amazónica, la innovación en Brasil es sobresaliente cuando aplica la ingenuidad de su gente a sus activos naturales.

[...] considerando que sus desafíos y oportunidades más grandes están relacionados con desarrollar, sin destruir, sus activos naturales tales como la biodiversidad y los recursos acuáticos, Brasil puede ser caracterizada mejor como una "economía del conocimiento natural". Su desarrollo como una economía del conocimiento y potencia científica estará estrechamente imbricado con sus recursos y activos naturales, y con su geografía.

Centrándose en el caso de Brasil, Ignacy Sachs plantea un argumento similar, aunque más amplio y de mayor alcance, al analizar las posibilidades de avanzar hacia una "biocivilización", considerada como una nueva etapa en las relaciones entre las sociedades humanas y su entorno biofísico. De acuerdo a Sachs, la biomasa fue durante diez mil años la energía que impulsó la acción civilizatoria de la especie humana, y hace doscientos años fue desplazada por los combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas, cuyas consecuencias sobre el medio ambiente han sido sumamente negativas. En la actualidad estaríamos iniciando una larga transición hacia una era en la cual los recursos y energías renovables serán la base de las actividades socioeconómicas, y en ella los países que cuentan con una amplia dotación de recursos naturales biológicos podrían tener una ventaja comparativa. Brasil y América Latina, con su gran extensión de bosques en donde el agua, la tierra y la radiación solar son abundantes, ofrecen condiciones extraordinarias para explorar las posibles rutas hacia la era de la biocivilización. Esto hace necesario reorientar las inversiones en ciencia, tecnología e innovación hacia la creación de capacidades para aprovechar el extraordinario acervo de recursos biológicos y el gran potencial bioenergético (solar, viento, hidráulica, biocombustibles) de que dispone la región, y hacia las disciplinas académicas y los campos del conocimiento que sustentan esta reorientación.<sup>331</sup>

<sup>330</sup> Kirsten Bound 2008: 16 y 116.

<sup>331</sup> Antonio Martins 2008. Véase también: Ignacy Sachs 2009.

Sachs es explícito acerca del plazo que tomará esta nueva biocivilización, aún en ciernes:<sup>332</sup>

Estamos en el comienzo de una salida que llevará décadas en realizarse. En este nuevo escenario vamos a depender cada vez más de la energía solar captada por el proceso de fotosíntesis, que era la principal energía de la humanidad antes de la revolución de energía fósil. Con todo, no estoy diciendo que vamos a retroceder. Al contrario, hoy sabemos usar mejor la biomasa. Es utilizada como ración para animales, extracción de esencias, material de construcción, producción de bioenergía, o sea, toda una química verde. Por eso debemos hablar de biorefinerías como una analogía a la refinería de petróleo. Es esto lo que sería la biocivilización moderna.

Estas consideraciones indican que es posible evitar el falso dilema entre basar la estrategia de desarrollo en la explotación de los recursos naturales y materias primas, o bien hacerlo en la generación y utilización de conocimientos y tecnología avanzados.<sup>333</sup> Por el contrario, ambas posturas pueden reforzarse mutuamente y sentar las bases para el desarrollo socioeconómico sostenible en el mediano y largo plazo. Más aún, tal como se muestra en el recuadro 4 para el caso del Perú, aprovechar el potencial de los recursos naturales, la biodiversidad y los ecosistemas de América Latina tiene implicancias adicionales para el diseño de estrategias y políticas de ciencia, tecnología e innovación.

### 6.5.2 Productividad

Un segundo desafío que enfrenta la región es el de *mejorar la productividad* de sus economías, un asunto que ha vuelto a ponerse en agenda luego de más de tres decenios de relativo descuido. Durante la década de 1960 varios países de la región pusieron énfasis en las medidas para aumentar la productividad, sobre todo en la industria, en parte como reflejo de las iniciativas de los Estados Unidos luego de la segunda guerra mundial, de Japón y de una veintena de países europeos bajo el impulso del Plan Marshall.<sup>334</sup>

Un informe reciente del BID plantea que “el bajo crecimiento y las resultantes brechas de ingreso no pueden atribuirse principalmente a bajas tasa de inversión en capital físico y humano, o al lento crecimiento de la fuerza laboral, sino a déficit crónico de crecimiento de la productividad. Los países latinoamericanos, simplemente, no usan sus recursos productivos eficientemente”.<sup>335</sup> Por su parte, la CAF señaló que

<sup>332</sup> Ignacy Sachs 2008.

<sup>333</sup> Las consideraciones aquí expuestas añaden un nuevo argumento, basado en la generación y utilización de conocimientos, que contraviene la noción de “maldición de los recursos naturales” y complementa los argumentos que se refieren a la calidad de las instituciones y la gobernabilidad. Sobre el tema véase: Paul Collier y Benedikt Goderis 2007; y Ragnar Torvik 2009.

<sup>334</sup> El libro de Jean Fourastié (1954), publicado originalmente en francés en 1949, fungió de manifiesto para lo que podría considerarse como un movimiento a favor de la productividad en varias partes del mundo. Este movimiento llevó, por ejemplo, a la creación del Centro Nacional de Incremento de la Productividad en el Perú en 1960, y de otros organismos similares en varios países de América Latina. Para un listado de las fechas de creación de los centros de productividad en la región, véase Sánchez Crespo 1970.

<sup>335</sup> Véase: Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 2010a: 1. Las deficiencias en los sistemas de innovación y educación están

### RECUADRO 4. Ecosistemas, biodiversidad y desarrollo rural en el Perú

La gran variedad de ecosistemas y la extraordinaria biodiversidad que tiene el Perú, consecuencia de su difícil geografía, constituye un escenario privilegiado para realizar una amplia gama de actividades productivas que requieren de condiciones biofísicas distintas y utilizan diferentes especies biológicas. Sin embargo, para aprovechar esta posibilidad es preciso adoptar una nueva perspectiva sobre el carácter de estas actividades productivas y la forma de darle valor a la variedad de ecosistemas y a la biodiversidad para el desarrollo rural. A su vez, esto requiere contar con capacidades de investigación científica y desarrollo tecnológico específicamente orientadas hacia ese fin.

En primer lugar, es necesario conocer, conservar y utilizar sustentablemente la biodiversidad y las características de los ecosistemas, transformándolas en uno de los ejes centrales de la estrategia de desarrollo. El Perú cuenta con enormes recursos de biodiversidad y tiene un potencial productivo extraordinario basado en ellos, pero es necesario identificar, registrar, clasificar y estudiar las propiedades de los organismos biológicos y sus ecosistemas, lo que requiere inversiones en investigación científica.

En segundo lugar, las actividades productivas deben adaptarse al entorno biofísico, sobre todo en la zona andina, constituido por una gran variedad de espacios geográficos de limitadas dimensiones que no permiten producir en gran escala. Como lo ha sugerido Javier Iguñiz, en el Perú es necesario “producir poco de muchas cosas, en vez de mucho de pocas cosas”, lo que sería apropiado en países con grandes extensiones territoriales homogéneas. Además, debido a lo agreste de nuestra geografía y a las dificultades de transporte, es preciso aumentar el valor por unidad de peso de los productos, lo que implica una transformación local para añadir valor agregado. Esto requiere orientar los

esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico hacia la adaptación y domesticación de variedades nativas, el desarrollo de nuevos productos y procesos basados en organismos naturales, y hacia la exploración de nuevas maneras de utilizar y consumir bienes y servicios basados en el potencial de la biodiversidad y los ecosistemas andinos. Pese a su gran extensión, la amazonía peruana requiere un enfoque similar, debido principalmente a la fragilidad de sus ecosistemas, al carácter localizado de la diversidad de especies, a las dificultades de transporte, y a la necesidad de minimizar las alteraciones en los ecosistemas amazónicos.

En tercer lugar, aprovechar la variedad de ecosistemas y la biodiversidad requiere de una infraestructura de transportes, energía y telecomunicaciones adaptada a los nuevos usos del espacio y actividades productivas. Por ejemplo, los productos de gran valor por unidad de peso, particularmente los perecibles y aquellos destinados a la exportación, se beneficiarían con una red más extensa y confiable de aeropuertos y de líneas de transporte aéreo. Asimismo, la electrificación rural y el uso generalizado de Internet permitirían aumentar la eficiencia del transporte, haciendo posible difundir información sobre condiciones de mercado y mejorando la coordinación de las activi-

dades de los transportistas. Un mayor énfasis en la construcción y mantenimiento de caminos rurales, tareas que podrían realizar los gobiernos regionales y locales, permitiría articular mejor a las ciudades intermedias y pequeñas con sus zonas de influencia en el ámbito rural. Esto tiene implicancias para el desarrollo de capacidades en ingeniería de diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura física, que debe tomar en cuenta las particularidades ecosistémicas de nuestro territorio.

Fuente: Francisco Sagasti, "Demandas y oportunidades del contexto internacional al desarrollo rural en el Perú", en *La nueva ruralidad: desafíos y propuestas*, Lima, Ayuda en Acción, 2004.

la tasa de crecimiento de la productividad total de los factores en la región aumentó significativamente durante el decenio de 1960, lo hizo a un ritmo menor durante el de 1970, se volvió negativa durante la "década perdida" de 1980, y se recuperó levemente en el decenio de 1990.<sup>336</sup> Sin embargo, pese a esta ligera recuperación, Cristian Daude y Eduardo Fernández-Arias, sugieren que la situación regional en cuanto a productividad durante el primer decenio del siglo 21 se caracteriza por tres "hechos estilizados": (i) el bajo crecimiento económico se debe al bajo crecimiento de la productividad; (ii) la productividad de la región no está avanzando hacia la frontera, en contraste con la teoría y la evidencia en otras partes del mundo; y (iii) la productividad agregada promedio de la región es aproximadamente la mitad de la correspondiente a los Estados Unidos. En consecuencia, concluyen que existe un amplio margen para mejorar el desempeño económico mediante aumentos de productividad.<sup>337</sup>

Las razones por las cuales América Latina ha tenido niveles relativamente bajos de productividad son muy variadas y, de acuerdo al BID, incluyen:

Altas tasas de informalidad protegen a empresas pequeñas e ineficientes de la competencia de empresas mejores y más productivas. Políticas sociales pobremente diseñadas, que frecuentemente apuntan a los trabajadores informales, pueden de hecho empujar a cada vez más gente a este sector de baja productividad. Tanto los altos costos de transporte, como la falta de crédito, la volatilidad macroeconómica, los regímenes impositivos discriminatorios, la falta de innovación y una predisposición contra políticas de desarrollo productivo han desempeñado un papel en el retraso del crecimiento de la productividad a lo largo de la región.<sup>338</sup>

Las mejoras en la productividad de la economía en conjunto surgen como resultado del desplazamiento de las inversiones hacia sectores que tienen mayor productividad, por ejemplo, de actividades informales a formales y de tejidos artesanales a manufacturas

afectando negativamente la competitividad de América Latina. Véase: Klaus Schwab 2009: 33-36.

<sup>336</sup> Véase: Corporación Andina de Fomento 2004: 102-103.

<sup>337</sup> Cristian Daude y Eduardo Fernández-Arias 2010: 13-16.

<sup>338</sup> Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 2010a: 2.

textiles; o del uso más eficiente de los factores de producción, lo que se logra a través de la innovación. Como se indicó anteriormente (sección 3.4), la innovación tiene varias facetas, y no se centra exclusivamente en la incorporación de avances científicos y tecnológicos en las actividades productivas y de servicio. Sin embargo, en última instancia, la capacidad de generar, importar, adaptar, absorber y utilizar conocimientos científicos y tecnológicos en toda la gama de actividades productivas y de servicios es el principal determinante de la innovación y de las mejoras en la productividad.<sup>339</sup>

Un trabajo de Juan Carlos Navarro, Juan José Llisterri y Pluvia Zuñiga señala que existe un importante déficit de inversión en investigación y desarrollo e innovación en la región, el cual, unido a la poca vinculación entre las capacidades de investigación y desarrollo con las empresas, hacen que los esfuerzos en ciencia, tecnología e innovación tengan un impacto limitado sobre el aumento de la productividad.<sup>340</sup>

No obstante, estas consideraciones generales sobre la productividad no deben opacar el hecho de que es posible alcanzar niveles de innovación, competitividad y éxito comercial en actividades y procesos que no necesariamente apuntan a lograr mayor eficiencia en el sentido convencional. Por ejemplo, existen segmentos de mercado para productos textiles, cerámicos, metálicos y de madera hechos a mano y con técnicas tradicionales; productos alimenticios derivados de cultivos orgánicos, procesados en forma artesanal y con denominaciones de origen; y para joyas, adornos y objetos de lujo trabajados con técnicas y diseños ancestrales. Todos ellos tienen en común el diferenciarse sobre la base de características que poco tienen que ver con la concepción de eficiencia en el sentido de producir más con menos insumos y a menor costo. Consideraciones similares se aplican a una amplia gama de servicios, tales como turismo, gastronomía y cuidado de la salud, en los cuales la definición y el cálculo de la productividad tienen que ser ajustados en función de la necesidad de atender segmentos de mercado altamente diferenciados en los cuales el precio de los bienes y servicios no juega el papel determinante.

### 6.5.3 Gestión y pluralismo tecnológico

Un tercer desafío y tema de agenda se refiere a *la gestión de la innovación, el conocimiento y la tecnología en las empresas, instituciones públicas y organizaciones sociales*. Durante los últimos dos decenios se ha empezado a prestar más atención a este aspecto

<sup>339</sup> Un informe de la ONUDI, preparado bajo la dirección de Francisco Sercovich, destaca el papel crítico de las capacidades tecnológicas y los sistemas de conocimiento doméstico, particularmente en la industria. Este trabajo demuestra que es necesario contar con capacidades y competencias tecnológicas propias, incluso para emplear eficientemente la tecnología importada. Señala, además, el carácter acumulativo y colectivo de los procesos de aprendizaje tecnológico, que son esenciales para cerrar la brecha del desarrollo con los países más avanzados. Véase: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) 2005: 5-12 y 43-58. Para una revisión de la literatura sobre el tema, con énfasis en los aspectos sociotécnicos de la productividad y la innovación, véase: Diego Gómez 2009.

<sup>340</sup> Juan Carlos Navarro, Juan José Llisterri y Pluvia Zuñiga 2010a: 39.

de la gestión, que paulatinamente ha venido ocupando un lugar antes reservado a las finanzas, el mercadeo y los recursos humanos en la gestión empresarial.

Por ejemplo, la Asociación Latino-iberoamericana de Gestión Tecnológica (ALTEC) ha venido organizando eventos y cursos sobre el tema desde su fundación a mediados del decenio de 1980, pero su importancia ha ido en aumento a medida que se ha tomado conciencia de que, tal como plantean José Luis Solleiro y Rosario Castañón, "la gestión tecnológica es la vía óptima para combinar recursos humanos, técnicos y financieros para el cumplimiento de los objetivos de la organización".<sup>341</sup>

La proverbial heterogeneidad estructural de las actividades productivas, tecnológicas y de conocimientos en la región presenta problemas especiales para la gestión de la innovación y la tecnología. Retomando las ideas de Ignacy Sachs acerca del manejo del pluralismo tecnológico (sección 5.3.2), es necesario pasar de una concepción centrada en asegurar la supervivencia de actividades de menor productividad en mercados relativamente homogéneos y altamente competitivos, lo que requeriría políticas públicas de protección o subsidio, a una gestión del pluralismo tecnológico basada en medidas de promoción y fomento para diferenciar productos, aumentar la eficiencia, mejorar la calidad e ingresar en segmentos específicos de mercado, tanto externos como internos. Esto implicaría adecuar las pautas para la gestión tecnológica en las empresas pequeñas y medianas, así como en otras entidades productivas y de servicios (cooperativas, organizaciones comunitarias, asociaciones de productores, etc.), muchas de ellas de corte tradicional, a las necesidades de este nuevo enfoque orientado hacia los requerimientos específicos de una diversidad de mercados locales, nacionales e internacionales.<sup>342</sup>

Varias regiones de América Latina poseen una milenaria tradición de vinculación entre sus pobladores y el entorno biofísico, y cuentan con un rico acervo de conocimientos y tecnologías tradicionales. Estas tecnologías, producto de

341. Véase los textos coordinados por Mario Waisbluth 1990a, 1990b, y 1990c; Mario Waisbluth Gustavo Cadena, José Luis Solleiro, Fernando Machado y Arturo Castañón (1990); el trabajo de Fernando Machado 1990; y la página web de la Asociación Latino-iberoamericana de Gestión Tecnológica: <http://www.oei.es/altecoei.htm>; y José Luis Solleiro y Rosario Castañón 2008: 11. Para una revisión de la literatura sobre el tema, véase: Claudia Nelcy Jiménez, Óscar Fernando Castellanos y María Eugenia Morales 2007: 42-61.

342. La gestión tecnológica en este tipo de unidades productivas y de servicios podría involucrar una variedad de combinaciones de tecnologías de punta basadas en avances científicos recientes, con tecnologías convencionales producto de decenios de investigación y desarrollo, y con técnicas tradicionales resultantes de procesos de ensayo y error acumulados durante largo tiempo. Para que esto ocurra, es necesario crear las condiciones adecuadas para la coexistencia de una diversidad de tecnologías modernas, tradicionales, convencionales y mixtas, con diferentes niveles de productividad, requerimientos laborales, intensidades energéticas, impactos ambientales y oportunidades de aprendizaje (véase sección 5.3.2). Un ejemplo de este enfoque es el exitoso programa Sierra Productiva en el Perú, en el que se seleccionó y desarrolló un conjunto de "paquetes tecnológicos" para: uso de pastos, producción de carnes y lácteos, empleo de fuentes de energía renovable, manejo del agua, procesamiento industrial, cultivo de hortalizas, y construcción y mejoramiento de viviendas, los cuales se difundieron mediante técnicas de extensión basadas en costumbres y hábitos ancestrales. Hacia fines del decenio del 2000, Sierra Productiva había involucrado a más de treinta mil familias que aumentaron sus ingresos, calidad de vida y niveles de nutrición significativamente. Véase: Carlos Paredes 2010.

una evolución progresiva a través de prueba y error durante largos periodos, están frecuentemente asociadas a cosmovisiones indígenas y proporcionan la base material para la supervivencia de un gran número de personas en las zonas rurales. Estos conocimientos y tecnologías rara vez han sido codificados y sistematizados, lo que los hace difícil de transmitir de acuerdo a estándares científicos y tecnológicos modernos. Su difusión depende de sus usuarios o depositarios, y tiene lugar por imitación, intercambio de bienes y transmisión de tradiciones orales. Su especificidad local dificulta su difusión y, al no existir maneras confiables de registrarlos y almacenarlos, con mucha frecuencia se pierden u olvidan.<sup>343</sup>

Muchos conocimientos y tecnologías tradicionales están relacionados con la racionalidad no-capitalista de las comunidades indígenas y nativas, en las cuales el trabajo artesanal, el autoconsumo, la reciprocidad y otras instituciones diferentes al mercado organizan las actividades productivas y las relaciones sociales. Si bien estas relaciones están cambiando, muchas veces en forma acelerada, es necesario estudiar las complejas interacciones que tienen lugar en los sistemas indígenas o comunitarios de producción, con el fin de entender su lógica y funcionamiento (sección 3.3). Esto lleva a reconocer y tomar en cuenta los "sistemas indígenas de innovación", que evolucionan y cambian en función de estímulos y desafíos muy diferentes a los de las economías convencionales de mercado. Su carácter se configura a partir de la concepción que tiene la comunidad del mundo y el lugar de la humanidad en él, de su historia de éxitos y fracasos con diversas técnicas de producción, de sus estructuras institucionales y de poder local, y de la naturaleza del entorno biofísico de la comunidad. En forma adicional, es preciso examinar la manera en que estos sistemas indígenas de innovación se acoplan con los mercados modernos.<sup>344</sup> Los cada vez más frecuentes conflictos por la extracción de recursos minerales y energéticos, así como por el uso del agua y de la tierra, entre comunidades indígenas e inversionistas nacionales y extranjeros en muchos países de América Latina, son una manifestación de la confrontación de dos lógicas económicas muy diferentes.

#### 6.5.4 Conocimiento, creatividad y propiedad intelectual

Un cuarto tema de agenda se refiere a la participación de la región en la sociedad del conocimiento, particularmente en las industrias creativas y culturales, y a las implicaciones que esta participación tiene para los sistemas de propiedad intelectual.

343. De acuerdo a David Barkin: "La innovación es parte integral de la práctica social, un medio para mantener y reforzar tradiciones a través de la mejora de prácticas ancestrales con nuevos materiales y técnicas para asegurar la continuidad de procesos productivos y sociales". Y añade: "para que la tradición sobreviva debe convertirse en un proceso viviente, un recurso que es constantemente renovado para asegurar su actualidad y su valor para quienes dependen de ella como pueblos, como cultura". Véase: David Barkin 2005: 6 y 19. Sobre este tema véase también Von Barlowen 1995 y Francisco Sagasti 2004b.

344. Véase: Juana Kuramoto y Francisco Sagasti 2002.

La proliferación de canales para transmitir información en el ámbito global (telefonía móvil, sistemas inalámbricos de transmisión de datos, satélites de comunicaciones, redes de fibra óptica, sistemas de posicionamiento geográfico, nubes computacionales, Internet y portales informáticos, plataformas de redes sociales, entre otros), ha llevado a una explosión en la producción y en el consumo de conocimiento e información.<sup>345</sup> La expansión de la sociedad del conocimiento está cambiando los patrones de interacción entre los seres humanos, las formas de aprender y educar, y la manera de compartir información y conocimiento.<sup>346</sup> Entre otras consecuencias, esto permite la colaboración entre investigadores y estudiosos a distancia, divulga con mayor facilidad los resultados de las investigaciones, pone a disposición de cualquier persona interesada una enorme cantidad de datos e información, facilita los procesos de aprendizaje individual y altera el funcionamiento de los sistemas de apropiación de conocimientos y tecnologías.<sup>347</sup>

Una de las manifestaciones más importantes de esta transición hacia la sociedad del conocimiento es la creciente importancia de las "industrias creativas", cuya expansión ha sido facilitada enormemente por la nueva infraestructura global de comunicaciones. De acuerdo a Anna María Jaguaribe:

Las industrias creativas son un conjunto emergente de actividades económicas que cruzan la división tradicional entre producción y consumo, si bien no son del todo nuevas. El diseño arquitectónico, la moda, la publicidad, la producción audiovisual y la música son actividades asociadas con la primera revolución industrial, pero que han adquirido una dimensión completamente nueva debido a la globalización y el advenimiento de la sociedad de la información. La globalización aumentó el intercambio y el comercio de bienes y servicios culturales, y consolidó mundialmente el papel económico y social

<sup>345</sup> En 1990 David Linowes indicó que "tomó desde el tiempo de Cristo hasta mediados del siglo 18 para que el conocimiento disponible se duplicara. Se duplicó nuevamente 150 años más tarde, y luego nuevamente en 50 años. Actualmente se duplica cada 4 o 5 años. Más información nueva se ha producido en los últimos treinta años que en los 5,000 años precedentes", en una presentación en la Conferencia sobre Bibliotecas y Servicios de Información organizada por la Casa Blanca de los Estados Unidos, citada en: Carl Dahlman 1994. Diez años más tarde, un informe del PNUD señaló que la información enviada en el 2001 a través de un solo cable en un segundo fue mayor que toda la información enviada a través de Internet en 1997 en un mes, y que el costo de transmitir un billón de bits de información de la costa Este a la costa Oeste de los Estados Unidos había caído de US\$ 150 mil en 1970 a US\$ 0.12 en el 2001. Estimados de la producción y el consumo de información realizados en los Estados Unidos durante el primer decenio del siglo 21 muestran que la producción intelectual registrada en medios impresos, magnéticos, ópticos y en películas se duplicó entre 1999 y el 2002, y que el "universo digital" —que incluye a la televisión digital, las cámaras de vigilancia, el acceso a Internet, aplicaciones basadas en sensores, centrales de datos de computación en nube, y las redes sociales—, aumentará al menos diez veces en cada quinquenio. Véase: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) 2001: 32.

<sup>346</sup> De acuerdo a la UNESCO, el término "sociedad del conocimiento" abarca conceptos tales como "economía del conocimiento", "sociedad de la información" y "sociedades de aprendizaje", que ponen énfasis en el papel cada vez más importante la investigación científica, el desarrollo tecnológico, los procesos educativos, el intercambio de información, la organización en redes y la propiedad intelectual. Véase: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) 2005: 185-186. Para un examen del papel de las tecnologías de la información y comunicación en la sociedad del conocimiento, véase: Andreas Credé y Robin Mansell 1998; y Robin Mansell y Uta Wehn 1998. Véanse también los artículos en el número especial de la Revista Internacional de Ciencias Sociales, núm. 171, marzo 2002, publicada por la UNESCO, sobre "La sociedad del conocimiento".

<sup>347</sup> Para Ladislau Dowbor: "Las nuevas tecnologías permiten que el conocimiento adquirido por la humanidad, bajo la forma de ciencia, obras de arte, música, filmes y otras manifestaciones de la economía creativa sea universalmente accesible, a costos virtualmente nulos. Se trata evidentemente de un inmenso bien para la humanidad, para el progreso educacional, científico y cultural de todos". Véase: Ladislau Dowbor 2009: 2.

de la producción mediática. Las tecnologías de información facilitaron la creación, transmisión y producción de imágenes audiovisuales y textos, e hicieron posible la fusión de los medios, la comunicación y las expresiones audiovisuales.<sup>348</sup>

La acelerada digitalización de la información durante los últimos dos decenios del siglo 20 permitió reducir los costos y el tiempo requerido para la producción artística e intelectual, aumentó su eficiencia y calidad, abrió nuevos canales de distribución, y dio origen a nuevas expresiones tales como el arte electrónico y las instalaciones audiovisuales. En la música y la producción de videos redujo el papel de los intermediarios; en la cinematografía cerró la brecha entre las costosas producciones de las grandes empresas y las películas independientes de bajo costo; y en la publicación de textos acortó el ciclo editorial y puso el uso de gráficos complejos al alcance de todos. Como consecuencia, se potenció la creatividad individual, aumentó la producción artística e intelectual, y mejoró la capacidad de competir de las empresas medianas y pequeñas. Al mismo tiempo, se intensificó la pugna por capturar la atención de los consumidores de productos digitales en el ámbito global.

Problemas conceptuales y de definición han impedido una apreciación adecuada de la magnitud y el impacto de las industrias creativas, que generan productos intangibles y tangibles. Frecuentemente se consideran equivalentes las "industrias culturales", que comprenden "la creación, producción y distribución de bienes y servicios que son de naturaleza cultural y que están usualmente protegidos por el derecho de autor".<sup>349</sup> Además de aquellas actividades que pueden plasmarse directamente en medios digitales —tales como música, video, televisión, cinematografía, fotografía, videojuegos, programas de computadoras, textos electrónicos, productos multimedia—, las industrias culturales comprenden las artes escénicas (danza, teatro, conciertos, ópera, actuaciones, eventos), las artes visuales (pintura, escultura, gráficos), el diseño artístico (moda, joyería, objetos decorativos, artesanía), la industria editorial (libros, revistas, periódicos), el turismo cultural (museos, galerías, ecoturismo, fiestas culturales, patrimonio histórico, gastronomía), e incluso las actividades deportivas.

Estas imprecisiones conceptuales han motivado intentos de ofrecer definiciones estandarizadas, que aún no han logrado su difusión y aceptación universal.<sup>350</sup> Sin embargo, algunos estimados sugieren que a mediados del decenio del 2000 las industrias creativas representaban alrededor del 7% del PBI global y que estarían creciendo al 10% anual; que en los Estados Unidos las industrias protegidas por derechos de propiedad intelectual representan alrededor del 6% del PBI; y que en Argentina, Brasil,

<sup>348</sup> Anna María Jaguaribe 2004: 2.

<sup>349</sup> Alessandra Quartesan, Monica Romis, Francesco Lanzafame 2007: 4.

<sup>350</sup> Véase, por ejemplo, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) 2006; Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) 2008; la base de datos de la UNCTAD sobre el comercio mundial en bienes creativos en: <http://stats.unctad.org/creative/>; y Dimitar Ganchev 2006.

Colombia y México podrían llegar a representar el 3% del PBI.<sup>351</sup> Un estudio realizado en el Reino Unido muestra que las industrias creativas representaron el 7.3% del valor bruto agregado de la economía en el 2004, y que crecieron a una tasa promedio del 5% entre 1997 y el 2004 (en comparación con un crecimiento del 3% para toda la economía británica).<sup>352</sup> Pese a las imprecisiones conceptuales, está claro que el conjunto de actividades cubiertas bajo los rubros de industrias creativas e industrias culturales está creciendo y aumentando su participación en la economía global.

La rica y diversa herencia cultural latinoamericana y la creatividad expresada en una amplia gama de campos sugiere que las industrias creativas y culturales pueden tener gran impacto en el desarrollo de la región. El caso de Brasil es quizás el más emblemático y representativo. De acuerdo a Kirsten Bound:

[La] rica y vibrante superposición de influencias ha ayudado a asegurar que la cultura brasileña sea ampliamente conocida en el mundo. Doscientos noventa mil firmas operan en el mercado cultural de Brasil, y estimados recientes sugieren que las actividades culturales generaron ingresos de hasta 156 mil millones de reales (US\$ 97 mil millones) al año. Núcleos de la industria de juegos están creciendo en Recife, Curitiba y el eje Sao Paulo-Río, y la industria brasileña del cine representa casi una cuarta parte del mercado nacional. El diseño brasileño, desde Havianas "flip flops" hasta la "silla favela", está cautivando al mundo entero y Oscar Niemeyer dirige un movimiento internacional de arquitectura con sus más de 100 años de edad. La industria musical brasileña es considerada por la Federación Internacional de Fonografía como una de las más rentables del mundo —y una encuesta reciente muestra que dos tercios de los brasileños la consideran su principal orgullo nacional. Aun fuera del sector creativo formal, hay elementos para pensar que la diversidad de Brasil podría alimentar el impulso creativo que subyace los éxitos científicos y en innovación.<sup>353</sup>

Las industrias creativas se están volviendo cada vez más importantes no sólo por su impacto económico, sino también porque satisfacen una creciente demanda de bienes y servicios culturales, y porque son una fuente de orgullo y reafirmación de la identidad. Ayudan a rescatar y poner en valor aspectos de la cultura popular y el legado histórico común que, además de respetados y preservados, deben ser reinterpretados y actualizados continuamente como fuente de creatividad e innovación.

Sin embargo, el diverso acervo cultural, unido al talento individual y colectivo de los latinoamericanos, no llevarán automáticamente al surgimiento y consolidación de las industrias creativas y culturales. Para esto es necesario un entorno económico y social que las estimule y remunere de manera apropiada, y políticas e instituciones

públicas que incentiven, protejan, regulen y difundan la producción de bienes y servicios creativos y culturales. Además de la acción estatal, el diseño y la puesta en práctica de políticas y estrategias deben incluir la participación activa del sector privado, la sociedad civil y la academia, particularmente cuando se trata de promover el comercio regional e internacional de este tipo de bienes y servicios.<sup>354</sup>

Los resultados de la investigación científica y tecnológica, así como los productos y servicios creativos y culturales, comparten las características de "bienes públicos": su uso o disfrute por una persona no disminuye su disponibilidad para otras (no-rivalidad), y es difícil limitar el acceso de quienes no pagan por ellos (no-exclusividad). Esto hace complicado apropiarse de los beneficios que generan y, de acuerdo a la teoría económica, lleva a niveles subóptimos en su provisión. Por esta razón, requieren de incentivos, medidas de promoción y mecanismos de regulación que sólo pueden proporcionar las instituciones públicas. Los sistemas de propiedad intelectual han sido diseñados específicamente para permitir la apropiación privada del conocimiento y los resultados de las actividades creativas. Al generar rentas monopólicas temporales para sus dueños, incentivan su producción por parte de los investigadores, creadores de contenido y artistas.

Desde la perspectiva de los países en desarrollo, los sistemas de propiedad intelectual vigentes en la actualidad tienen limitaciones y plantean dilemas para el diseño y puesta en práctica de políticas. Esto ha sido destacado por Joseph Stiglitz: "El mundo desarrollado ha diseñado cuidadosamente leyes que le dan a los innovadores derechos exclusivos a sus innovaciones y las utilidades derivadas de ellas. ¿Pero a qué precio? Existe un sentimiento creciente que algo está mal con el sistema que gobierna la propiedad intelectual. El reparo es que el énfasis en las utilidades para las empresas ricas representa una sentencia de muerte para muchos pobres del mundo en desarrollo".<sup>355</sup>

En el caso de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación, los sistemas de propiedad intelectual no facilitan, por sí mismos, la transición hacia capacidades y etapas más avanzadas. Esto se logra en forma progresiva y depende, en gran medida, del acceso que se tenga al acervo mundial de conocimiento y tecnología en plazos y a costos razonables, y sin restricciones que limiten su uso, absorción, modificación y elaboración. La experiencia histórica ha demostrado que los países tecnológicamente más avanzados no contaron con sistemas de propiedad industrial rigurosos en las etapas iniciales de su desarrollo, sino que los fortalecieron posteriormente. De acuerdo a Jorge Martínez Piva:

354 Sobre el tema de políticas para las industrias creativas y culturales, véase: Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) 2008: 173-209; Anna Maria Jaguaribe 2004: 22-30 y 2007: 18-22; y Alessandra Quartesan, Monica Romis, Francesco Lanzaforme 2007: 28-39.

355 Joseph Stiglitz 2006: 20 (traducción del autor).

351 Cifras citadas en Anna Maria Jaguaribe 2007: 15-17.

352 United Kingdom, Department for Culture, Media and Sport (DCMS) 2006. Las definiciones empleadas en el Reino Unido para catalogar las industrias creativas se encuentran en los documentos del DCMS 2001 y 2004. Un ejemplo adicional del éxito de los productos culturales-turísticos brasileños es la popularidad del carnaval de Río.

353 Kirsten Bound 2008: 96-97.

La experiencia de los países desarrollados y la más reciente de India, China y Brasil, muestra que la expansión de las actividades de investigación y desarrollo precedió al fortalecimiento de los derechos de propiedad intelectual. Muchos países, igual que Estados Unidos, tuvieron durante mucho tiempo regímenes "débiles" de propiedad intelectual que facilitaron la absorción de conocimiento tecnológico extranjero sin pagar las licencias correspondientes. En la medida en que la dinámica de innovación de estos países se expandió y sus inversiones en el exterior crecieron, tomó lugar la tendencia al fortalecimiento de los derechos de propiedad intelectual [...]

Puesto que un régimen de propiedad intelectual riguroso no incentivará por sí mismo la investigación y el desarrollo y, por el contrario, podría incluso obstaculizar la innovación tecnológica, en tanto dificulte y encarezca la innovación imitativa, adaptativa e incremental, el esfuerzo debe concentrarse en políticas públicas de ciencia y tecnología que contrapesen tales escollos.<sup>356</sup>

El informe de la Comisión sobre Propiedad Intelectual, establecida por el gobierno del Reino Unido, planteó sin ambages que "los países en desarrollo no debieran ser privados de la flexibilidad para diseñar sus sistemas de propiedad intelectual que los países desarrollados tuvieron en las primeras etapas de su propio desarrollo, y estándares más rigurosos de propiedad intelectual no deberían ser impuestos sin una evaluación objetiva de su impacto sobre el desarrollo". En contraste con esta perspectiva, en el marco de las negociaciones internacionales sobre liberalización comercial —en particular con referencia a los "TRIPS" o aspectos de la propiedad intelectual vinculados al comercio—, los países desarrollados han presionado para fortalecer globalmente los sistemas de propiedad intelectual, lo que les permite limitar el acceso y consolidar sus ventajas en la generación de conocimientos y tecnología.<sup>357</sup> Esto ha llevado a propuestas para hacer uso de la flexibilidad que permite el acuerdo sobre TRIPS, tales como licenciamiento obligatorio, excepciones al derecho de patentar, regulación de licenciamiento voluntario, y aplicación estricta de los criterios de patentabilidad. También se ha propuesto la opción de permitir a los países en desarrollo excluir algunos sectores críticos del sistema de propiedad intelectual (por ejemplo, no patentar organismos vinculados a la biodiversidad), emplear mecanismos para garantizar el acceso de los países pobres a tecnologías clave (por ejemplo, para adaptarse al cambio climático), y que los países en desarrollo tengan libre acceso a las tecnologías desarrolladas con fondos públicos en los países de altos ingresos.<sup>358</sup>

<sup>356</sup> Jorge Mario Martínez Piva 2008: 386-387.

<sup>357</sup> United Kingdom, Commission on Intellectual Property Rights 2002: 3 y 8. No obstante estas limitaciones, en algunas actividades económicas en las que el conocimiento incorporado es más complejo, desincorporado y estandarizado, es posible apreciar tendencias hacia la "innovación abierta", en la cual un conjunto de empresas opera en forma de red colaborativa, poniendo a disposición de las otras sus avances tecnológicos con el fin de avanzar conjuntamente. Véase: Sverre J. Herstad, Carter Bloch, Bernd Ebersberger y Els van de Velde 2008. Asimismo, en el campo de la informática y de las tecnologías en línea se aprecia también un movimiento hacia el trabajo colaborativo y hacia compartir conocimiento en forma irrestricta, sin recurrir a la protección que otorgan los sistemas de propiedad intelectual. Los ejemplos de Wikipedia, Creative Commons y Open Library of Science, así como del sistema operativo Linux, sugieren que esta tendencia se está fortaleciendo. Para una reseña sobre este tema, véase: Kevin Kelly 2009.

<sup>358</sup> Véase: United Nations 2009: xxi.

En el caso de las industrias creativas y culturales, los problemas de propiedad intelectual están vinculados a la piratería y la copia, particularmente de música, textos y videos. Los derechos de los creadores y generadores de contenidos se contraponen con los derechos de los usuarios, muchos de los cuales se han acostumbrado a tener acceso a ellos sin pagar. Si bien hay autores que ponen sus creaciones a libre disposición de los usuarios, y adoptan modelos de negocio que no están vinculados a los esquemas convencionales de derechos de autor, estas prácticas no están aún generalizadas.

Las implicancias de estas tendencias para los países latinoamericanos son aún inciertas. Por un lado, será necesario equilibrar las políticas y estrategias que dan prioridad al mayor acceso posible al acervo de conocimiento científico y tecnológico disponible para transitar hacia etapas más avanzadas en la producción de bienes y servicios, lo que implica sistemas de propiedad intelectual relativamente débiles y permisivos. Por otro, es necesario proteger a las industrias creativas y culturales, así como al acervo cultural y de biodiversidad, lo que implica fortalecer los sistemas de propiedad intelectual —al menos en algunos de sus aspectos. La colaboración regional para explorar opciones y abrir espacios para el diseño de políticas, estrategias e instituciones será clave en la resolución de este dilema.<sup>359</sup>

### 6.5.5 Cooperación regional

Un último desafío y tema de agenda para los primeros decenios del siglo 21 se refiere a los esquemas de cooperación regional en ciencia, tecnología e innovación. Reducir la brecha entre los países de América Latina y las regiones tecnológicamente más avanzadas, y las diferencias en las capacidades de generar y utilizar conocimiento entre los países de la región, requiere acciones conjuntas para compartir experiencias, diseminar buenas prácticas, coordinar iniciativas y superar niveles de masa crítica en investigación científica y desarrollo tecnológico. La experiencia de decenios pasados y de iniciativas recientes (secciones 5.2 y 6.2) sugiere que, al iniciarse el siglo 21, América Latina está en condiciones de emprender y beneficiarse significativamente de acciones colectivas en este campo.

El Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, establecido en la OEA a fines del decenio de 1960, los programas andinos de desarrollo tecnológico del Acuerdo de Cartagena (hoy Comunidad Andina), una serie de acuerdos científicos y tecnológicos bilaterales, los fondos fiduciarios de cooperación técnica de los bancos multilaterales de desarrollo (particularmente el BID), y los proyectos de cooperación

<sup>359</sup> Ladislau Dowbor ha planteado este dilema en los siguientes términos: "La cuestión central de cómo producimos, utilizamos y divulgamos el conocimiento envuelve un dilema: por un lado, es justo que quien se esforzó para desarrollar el conocimiento nuevo sea remunerado por su esfuerzo. Por otro lado, apropiarse de una idea como si fuese un producto material termina por matar el esfuerzo de innovación". Véase Ladislau Dowbor 2009. Krikorian y Kapczynski 2010 reseñan los avances y limitaciones de los esfuerzos para mejorar el acceso de los países en desarrollo a los conocimientos y tecnologías amparados por restricciones de propiedad intelectual.

auspiciados por la UNESCO, el Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU) y otros organismos internacionales, son un valioso antecedente que debe ser tomado en cuenta para revitalizar las iniciativas conjuntas en este campo. Asimismo, la experiencia de esquemas de cooperación en ciencia, tecnología e innovación de otras regiones, y particularmente de Europa, sugieren algunos lineamientos para diseñar y poner en práctica estos esquemas (recuadro 5).

Varias propuestas de cooperación regional se han venido discutiendo durante el decenio del 2000 en conferencias internacionales, reuniones de expertos, y en cumbres de jefes de Estado y otros eventos de carácter político. Estos intercambios permiten identificar los elementos de un *programa regional de cooperación en ciencia, tecnología e innovación* que tendría un impacto significativo en la creación y consolidación de capacidades, y cuya puesta en marcha sería viable durante el segundo decenio del siglo 21.<sup>360</sup> Este programa comprendería una serie de proyectos conjuntos entre entidades académicas, privadas, públicas y de la sociedad civil en los países de la región; actividades de apoyo para la formulación e implementación de políticas y estrategias, incluidas la provisión de información, la capacitación y la evaluación; y una facilidad financiera regional que movilizaría recursos para poner en práctica el programa.

El componente de *proyectos conjuntos* del programa involucraría la participación de entidades de tres o más países de la región, y comprendería, en principio, una amplia gama de actividades que abarcaría la investigación básica orientada, la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico, la búsqueda y adaptación de tecnologías, la provisión de servicios técnicos y consultoría, la información y prospectiva tecnológicas, el escalamiento de resultados de investigación, la formación y capacitación de personal especializado, la adquisición y uso de equipo científico y tecnológico, y el intercambio de experiencias y personal, entre otras. Esta amplitud de posibilidades debe ser acotada y focalizada durante la fase de diseño del programa regional, identificando áreas temáticas prioritarias y determinando el tipo de actividades más apropiadas a cada área temática. El programa regional, y en particular su secretaría técnica, actuarían como una plataforma para que los países y entidades miembros intercambien puntos de vista y definan proyectos prioritarios, a partir de los cuales la secretaría definiría el contenido específico de cada proyecto (empleando criterios como los propuestos en el recuadro 5), antes de someterlos a evaluación y aprobación. En cierta medida, el componente de proyectos conjuntos del programa regional operaría en forma similar a la de un fondo concursable.

Cada proyecto del programa regional tendría su propia estructura de coordinación, ejecución, financiamiento y gobernabilidad, adecuada a sus

<sup>360</sup> Para propuestas sobre el tema de cooperación regional y subregional en ciencia, tecnología e innovación, véase: Francisco Sagasti 2010a, 2010b y 2004a; cap. 5; y Francisco Sagasti y Gonzalo Alcalde 1999: cap. 6. Véase también, el número especial de la revista *Cooperation South* 2000.

#### RECUADRO 5. Lineamientos para el diseño de programas de cooperación en ciencia, tecnología e innovación

La experiencia regional e internacional con el diseño de programas de cooperación regional e internacional en ciencia, tecnología y desarrollo, sugiere algunos lineamientos que deben seguirse para asegurar su viabilidad, pertinencia y efectividad.

*Aumento significativo de recursos y actividades.* Los programas de cooperación deben conducir a una mayor disponibilidad de recursos para los países y entidades que participan en ellos. Se trata de movilizar financiamiento para actividades que no podrían llevarse a cabo con un simple incremento de los recursos con que cuentan los países y sus instituciones.

*Articulación de iniciativas y trabajo en redes.* Los programas de cooperación deben tomar en cuenta las actividades en marcha, con el objetivo de articularlas o integrarlas a las nuevas iniciativas que surjan en el diseño de estos programas. Los programas deben apoyar actividades que involucren entidades de tres o más países, de tal manera de constituir redes de trabajo conjunto y evitar la proliferación de acuerdos bilaterales.

*Diversidad y diferenciación.* Los programas de cooperación deben ser capaces de abarcar una diversidad de iniciativas, de adecuar sus componentes y actividades a las necesidades específicas de los distintos tipos de países, y de otorgar un tratamiento preferencial a los países y entidades que tienen un menor desarrollo relativo.

*Flexibilidad y continuidad.* Los programas de cooperación deben ser flexibles en su implementación, pero capaces de lograr continuidad en los esfuerzos. Para esto es preciso equilibrar la rendición de cuentas y la evaluación permanentes, con la necesidad de mantener el apoyo durante períodos largos pero claramente acotados. Las iniciativas y proyectos temporales, con "cláusulas de ocaso" definidas de antemano en función de criterios de desempeño, ayudan a evitar que continúen más allá de su vida útil.

*Gobernabilidad y administración efectivas y livianas.* Los programas de cooperación deben evitar la creación de organismos de coordinación demasiado frondosos y costosos, pero al mismo tiempo abrir espacios para la participación de una diversidad de actores académicos, privados, públicos y de la sociedad civil. Entre otras cosas, esto implica contar con el apoyo de organismos internacionales y del papel catalizador que juegan en las iniciativas de cooperación.

Fuente: adaptado por el autor de Francisco Sagasti, *Knowledge and innovation for development: the Sisyphus challenge of the 21st Century*, Cheltenham, UK, Edward Elgar Publishers, 2004, recuadro 5.3., pp. 110-111.

características científicas y técnicas, la magnitud de la inversión requerida, el número y variedad de participantes, y el plazo de ejecución. La secretaría técnica no participaría directamente en la gestión de estos proyectos, sino que tendría a su cargo el seguimiento de su ejecución y la evaluación de sus avances y resultados. Esto permitiría tener un cierto número de proyectos en ejecución simultánea, de tal manera que el programa regional en su conjunto pueda contribuir visiblemente a la creación y consolidación de capacidades de ciencia, tecnología en América Latina, y a lograr un salto cualitativo en este campo.

Los recursos asociados al programa regional se emplearían principalmente para cubrir los costos adicionales que involucre la participación en proyectos regionales (coordinación institucional, intercambio de personal, plataformas de información, organización de eventos, capacitación y otras actividades conjuntas), y para apoyar financieramente a las entidades participantes de los países de menor desarrollo relativo.

El componente de *apoyo y la asesoría para la formulación de políticas y estrategias* podría organizarse sobre la base de un registro de expertos regionales y de instituciones especializadas que sería puesto a disposición de las instituciones en los países miembros. Involucraría, además, el intercambio de experiencias entre instituciones de ciencia, tecnología e innovación a través de seminarios, visitas guiadas, cursos cortos y pasantías, que deberían contar con la participación activa de empresas y asociaciones privadas. Asimismo, se trataría de diseminar las prácticas exitosas en la región y de organizar un sistema de información para recabar, compilar y difundir datos e indicadores que proporcionen una base empírica para la formulación de políticas.<sup>361</sup>

Otra iniciativa en este componente consiste en prestar apoyo para ampliar significativamente la formación y capacitación de profesionales en política y gestión de la ciencia, tecnología e innovación en los países de la región, particularmente en los aspectos referidos a la evaluación de programas y proyectos, a fin de contar con una nueva generación de especialistas en este campo, que ha evolucionado aceleradamente durante los últimos dos decenios. Por último, los desafíos que enfrenta América Latina requieren de una armonización de políticas e iniciativas, posiblemente a través de un foro permanente, y de la adopción de posiciones comunes en los foros internacionales de negociación, particularmente en el caso de la propiedad intelectual.

El tercer componente del programa regional de ciencia, tecnología e innovación sería una *facilidad financiera regional*, que tendría como misión movilizar recursos de los países latinoamericanos y de fuentes externas para financiar los componentes de

<sup>361</sup> Este sistema de información podría aprovechar la amplia experiencia acumulada por la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) en América Latina, entre otras instituciones.

proyectos conjuntos y de actividades de apoyo a las políticas en este campo. Los recursos para esta facilidad provendrían de una variedad de fuentes (presupuestos públicos, organismos internacionales, agencias bilaterales, empresas privadas, fundaciones, emisión de bonos, canje de deuda, fondos de contrapartida, donaciones individuales, entre otras), algunas de las cuales estarían directamente bajo su control, y otras en las cuales la facilidad jugaría un papel catalizador y de apalancamiento de recursos provistos por otras entidades. La modalidad principal de financiamiento bajo el control directo de la facilidad sería la provisión de recursos no reembolsables, mientras que en su papel catalizador podría subsidiar tasas de interés y ofrecer garantías para mejorar las condiciones de los préstamos bilaterales, multilaterales o comerciales; movilizar y agregar recursos proporcionados por fundaciones privadas, corporaciones y agencias bilaterales; y apoyar la creación de fondos patrimoniales para fines específicos en el ámbito regional, entre otras modalidades.<sup>362</sup>

Varios precedentes en el ámbito regional e internacional sugieren que crear una facilidad de este tipo sería viable, aunque no fácil, como lo demuestran los intentos fallidos en el ámbito de la Comunidad Andina y el MERCOSUR. Los ejemplos del Fondo Ambiental Global (GEF) en el Banco Mundial; los esquemas de financiamiento tales como la iniciativa SECCI para el cambio climático, el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO) para la investigación agropecuaria y el Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN) para apoyar a la pequeña y mediana empresa en el BID; y el programa de apoyo a los think tanks, que combina recursos del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá con los de las fundaciones Hewlett y Gates, muestran que es posible establecer este tipo de mecanismos financieros para apoyar la cooperación regional.

## 6.6 A modo de conclusión

Las secciones precedentes de este capítulo indican que la región tiene una nueva ventana de oportunidad para invertir en la creación y consolidación de capacidades con el fin de generar conocimientos, avanzar en tecnología, transformar las actividades productivas y promover la innovación. Esta es una precondition para aumentar la competitividad y para lograr una inserción más favorable en la división internacional del trabajo; para reducir la pobreza y la desigualdad, y para mejorar las condiciones de vida de la población; y para promover el uso sostenible de los recursos naturales, proteger los ecosistemas y hacer frente al cambio climático.

América Latina cuenta con múltiples diversidades (ecológica, biológica, energética, cultural, étnica, productiva), con una herencia histórica similar y compartida, y con un

<sup>362</sup> Sobre el tema de mecanismos y canales de financiamiento véase: Francisco Sagasti, Keith Bezanson y Fernando Prada 2005.

idioma común en prácticamente toda la región, lo que le confiere una capacidad especial de adaptación y resistencia. Tiene una población cuyo tamaño no es excesivo en relación con su dotación de recursos, pero lo suficientemente grande como para configurar un mercado regional significativo, y cuya juventud relativa permitirá contar durante al menos tres decenios con una fuerza laboral activa (trabajadores entre 15 y 65 años) mayor que la población dependiente (personas menores de 15 y mayores de 65 años). La dotación de infraestructura física, que se está ampliando rápidamente en varios países de la región, es lo suficientemente avanzada como para sustentar el crecimiento económico, pero no tan desarrollada como para imponer rigideces derivadas de las decisiones del pasado sobre opciones tecnológicas, ni de la presión de grupos de interés asociadas a ellas. Además, durante los últimos decenios se ha dado un proceso de aprendizaje social en la conducción de los asuntos económicos y políticos, lo que ha permitido mantener una estabilidad macroeconómica y avanzar hacia la democracia. Si bien este proceso es aún frágil y vulnerable, indica que la región puede aprender de los errores del pasado y de su experiencia. Todo esto permitiría responder de manera adecuada y efectiva a los desafíos que, en forma creciente, presentarán los primeros decenios del siglo 21 a la humanidad. Ninguna otra región del mundo en desarrollo muestra un conjunto de posibilidades similar al de América Latina.

Por lo tanto, el desafío central al iniciarse el segundo decenio del siglo 21 consiste en aprovechar estas circunstancias y dejar de ser una región de oportunidades perdidas, lo que implica darle prioridad al desarrollo de capacidades en ciencia, tecnología e innovación. Tomando esto en consideración, es interesante citar la perspectiva de Won-Ho Kim, el presidente del Consejo de Estudios Latinoamericanos de Asia y Oceanía, al examinar el pasado y las perspectivas futuras de la región:

América Latina podría haber crecido a una tasa dos o tres veces más alta si hubiera construido una economía de escala por medio de la liberalización y la integración. Y aunque hubo muchas excusas, sociales, políticas, históricas, económicas e internacionales, la explicación radica en una actitud negligente que derivó en un fracaso evidente. [...] Esta puede ser la última oportunidad para los países de América Latina, por lo que es necesario que la aprovechen para las próximas décadas. La globalización exige una "acción política creativa" y, en ese sentido, ninguna nación puede desconocer el sistema de mercado, ni ignorar las corrientes globales de cambio, el nacimiento de nuevas culturas y sistemas de valores. La estrategia política de cada país debería tener en cuenta las dinámicas de la globalización, pues el costo de no hacerlo es enorme. La ventaja es que el actual crecimiento genera más posibilidades que nunca para implementar programas, por más costosos que sean, para garantizar el desarrollo sostenible. Pero para ello los líderes políticos deberían invertir mirando al futuro y ser capaces de movilizar a la nación sobre la base de una visión común de desarrollo, destinar más recursos a la educación básica y la investigación, implementar políticas de competitividad, tanto en el ámbito estatal como en el privado, realizar inversiones en infraestructura y en infraestructura social y desarrollar la sociedad civil como un segundo agente de la gobernabilidad.<sup>364</sup>

364 Véase: Won-Ho Kim 2008: 43 y 45.

## 7. COMENTARIOS Y REFLEXIONES FINALES

El corto siglo 20 terminó con problemas, para los cuales nadie tuvo, o siquiera dijo tener, soluciones. Mientras que los ciudadanos del fin de siglo tanteaban su camino hacia el tercer milenio en medio de una niebla global, todo lo que sabían por cierto era que una era de la historia había terminado. Sabían muy poco más que eso. [...] El siglo terminó en un desorden global cuya naturaleza no estaba clara, y sin un mecanismo obvio para sea ya superarlo o mantenerlo bajo control [...] Las razones de esta impotencia fueron no sólo la genuina profundidad y complejidad de las crisis mundiales, sino también el fracaso aparente de todos los programas, viejos y nuevos, para gestionar o mejorar la condición humana.

Eric Hobsbawm<sup>364</sup>

### 7.1 ¿Hacia un nuevo mundo?

Vivimos tiempos turbulentos. Estamos experimentando un período de transformaciones aceleradas en todos los ámbitos y dimensiones del quehacer humano —crisis económicas y financieras, deterioro del ambiente y los ecosistemas, cambios demográficos y migraciones, aumento de las expectativas y demandas sociales, nuevas enfermedades y pandemias, cambio climático y eventos naturales extremos, consumo excesivo de energía y agua, escasez de alimentos, tensiones geopolíticas, conflictos étnicos y pugnas religiosas, entre muchas otras— que está generando niveles de inestabilidad e incertidumbre sin precedente durante los primeros años del siglo 21.

Más que una combinación o serie de crisis, estas transformaciones auguran un profundo cambio de época en la historia de la humanidad. Diversas interpretaciones y metáforas han sido propuestas para apreciar la magnitud y orientación de este proceso de cambio, aunque todas ellas sugieren que estamos en una encrucijada y que lo que suceda en la primera mitad del siglo 21 determinará el rango de opciones para el futuro de nuestra especie.<sup>365</sup> Las relaciones entre la humanidad y el medio ambiente, las consecuencias de los recientes avances tecnológicos y la posibilidad de extinción de nuestra especie ilustran algunos de los dilemas que enfrentamos en nuestro tiempo.

364 Eric Hobsbawm 1994: 558-559, 562, 563. Todas las traducciones de las citas en este capítulo son del autor.

365 El carácter crítico del actual período de la humanidad ha sido remarcado, entre otros, por James Martin, pionero de la industria de la programación de computadoras en tiempo real y fundador del Instituto del Futuro de la Humanidad en la Universidad de Oxford: "Al inicio del siglo 21, la humanidad se encuentra a sí misma en un curso insostenible —un curso que, a menos que cambie, llevará a catástrofes de consecuencias impresionantes. Al mismo tiempo, estamos liberando nuevas capacidades formidables que podrían conducir a vidas mucho más interesantes y civilizaciones gloriosas. Este podría ser el último siglo de la humanidad, o podría ser el siglo en que la civilización se embarca hacia un futuro mucho más espectacular. Decisiones que llevarán a estas radicalmente diferentes conclusiones tendrán que tomarse pronto. Ellas dependen de nuestra capacidad de entender las opciones del siglo 21, pensar lógicamente acerca de nuestro futuro, y tomar colectivamente decisiones racionales". Véase: James Martin 2006: 3. Para Thomas Homer-Dixon: "A mitad del primer decenio del siglo 21 [...] la humanidad está haciendo más cosas, más rápido y en un espacio mayor que nunca antes; esto está produciendo cambios de una magnitud y velocidad nunca antes vistos [...] nuestra situación global es urgente [...] estamos en la cúspide de una emergencia planetaria". Véase: Thomas Homer-Dixon 2008: 8 y 308.

Refiriéndose al medio ambiente, Edward O. Wilson, creador de la disciplina de sociobiología, considera que “estamos en un cuello de botella de sobrepoblación y consumo derrochador” y que “el monstruo destructor (*juggernaut*) del capitalismo basado en la tecnología no será detenido. Su impulso es reforzado por los miles de millones de gente pobre en los países en desarrollo ansiosos de participar para compartir la riqueza material de las naciones industrializadas”. Sin embargo, arguye que es posible cambiar su dirección sobre la base de una “ética compartida ambiental de largo plazo”, que permitiría a la humanidad salvarse de la destrucción.<sup>366</sup> Con menos dramatismo, Maurice Strong, secretario general de las cumbres mundiales sobre medio ambiente en Estocolmo (1972) y Río de Janeiro (1992), indica que “el futuro [...] está en nuestras manos. Tenemos la posibilidad de controlar nuestro propio destino —y la responsabilidad de gestionarlo”, y añade que el marco temporal en el que se debe actuar abarca los primeros decenios del siglo 21.<sup>367</sup>

Dos perspectivas ligeramente divergentes aclaran la naturaleza de las decisiones que debemos tomar. Para el ecologista y activista Bill McKibben, hemos alterado profundamente, sin posibilidades de retorno, las condiciones de vida de la tierra y construido un nuevo planeta que llama “Eaarth” (que podríamos traducir como “Tierraagh”):

Necesitamos entender el mundo que hemos creado, y considerar —urgentemente— cómo vivir en él. [...] tendremos que figurarnos que debemos abandonar parte de nuestras vidas y nuestras ideologías para proteger el núcleo central de nuestras sociedades y civilizaciones. No [...] vamos a recuperar el planeta que solíamos tener, aquél en que nuestra civilización se desarrolló. [...] [debemos] construir la arquitectura para el mundo que viene a continuación, las sociedades dispersas y localizadas que pueden sobrevivir los peligros que ya no podemos evitar.<sup>368</sup>

Adoptando un punto de vista menos pesimista, Nicholas Stern, ex economista en jefe del Banco Mundial y autor de un reconocido informe sobre las consecuencias económicas del cambio climático, reseña el libro de McKibben indicando que se están produciendo cambios en los niveles y la distribución del agua —tormentas, inundaciones, sequías, flujos de ríos, aumentos en el nivel del mar— que alteran los determinantes históricos fundamentales de cómo y dónde vivimos nuestras vidas. No obstante, Stern considera que:

[...] el desafío consiste en romper el vínculo entre producción económica y emisiones [de gases de efecto invernadero]. Si podemos (y ciertamente podemos y debemos), entonces el crecimiento podrá continuar por unos decenios [...] [Con] análisis sólido, imaginación educada, liderazgo decisivo y un espíritu de colaboración, podríamos

reducir radicalmente los riesgos que estamos enfrentando. Podríamos también abrir un camino hacia tres o cuatro decenios de gran innovación y creatividad, y sentar los cimientos para un mundo más sostenible, colaborativo y equitativo.<sup>369</sup>

Los recientes avances tecnológicos basados en descubrimientos científicos conllevan una serie de oportunidades y amenazas. Para Kim Vicente, profesor distinguido en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), la tecnología está ya fuera de nuestras manos: “la tecnología —con toda su promesa y potencial— se ha puesto tan lejos del control humano que está amenazando el futuro de la humanidad”, algo que refuerza James Martin: “una perspectiva ingenua del pasado es que la tecnología nos daba el control de la naturaleza. Una perspectiva más apropiada es que nos ha dejado un planeta exhausto y un mundo artificial cada vez más dependiente de la tecnología. [...] Más que amos en control, estamos siendo arrastrados por los torrentes cada vez más rápidamente acelerados de nuestra propia tecnología”.<sup>370</sup> Las mismas ideas han sido planteadas desde una perspectiva filosófica por Ulrich Beck, al desarrollar sus ideas acerca de la “sociedad del riesgo” al que hemos ingresado en una nueva etapa de la modernidad.<sup>371</sup>

Martin considera inevitable los grandes cambios que, a menos que tomemos acción rápidamente, serán probablemente traumáticos:

No hay en última instancia manera de evitar la Transición del Siglo 21. [...] Si el cambio gradual hacia comportamientos sensato no se produce, el mundo se encaminará hacia situaciones en las que sólo el cambio revolucionario funcionará. Si los gobiernos continúan prácticamente sin tomar acciones, la transición, cuando eventualmente se produzca, será traumática, costosa, y frecuentemente violenta. Catástrofes en gran escala provocaran el cambio.<sup>372</sup>

Ray Kurzweil, prolífico inventor y fundador de la Universidad de la Singularidad, propone una interpretación de la historia humana que destaca la importancia del avance exponencial en varios campos de la ciencia y la tecnología, a partir de lo cual anticipa un quiebre fundamental —la singularidad— durante la primera mitad del siglo 21. Esto le permite avizorar un futuro basado en la posibilidad de emular la inteligencia humana mediante supercomputadoras, de escanear el cerebro humano para iniciar un proceso de ingeniería inversa y decodificar sus principios de operación, de combinar las fortalezas de la inteligencia humana y de la inteligencia artificial, de integrar los recursos de las inteligencias no biológicas para diseñar nuevas tecnologías, y de trascender las limitaciones inherentes a la naturaleza biológica de los organismos

<sup>366</sup> Edward O. Wilson 2002: xxiii y 156.

<sup>367</sup> Maurice Strong 2000: 359.

<sup>368</sup> Bill McKibben 2010: 16, 38, 212.

<sup>369</sup> Nicholas Stern 2010: 35-37.

<sup>370</sup> Kim Vicente 2004: 27; James Martin 2006: 277-278.

<sup>371</sup> Ulrich Beck 1998.

<sup>372</sup> James Martin 2006: 476.

vivientes. Además, de acuerdo a Kurzweil, al pasar la singularidad, la inteligencia artificial acelerará el ciclo iterativo de mejoras de su propio diseño, lo que será facilitado por el desplazamiento de la inteligencia biológica a la no biológica y por el uso de la nanotecnología. Esto llevará a introducir componentes de inteligencia no biológica en el cerebro humano (algo que ya sucede con los implantes neurales computarizados), los que crecerán exponencialmente y llevarán a un eventual predominio de la porción no biológica de nuestra inteligencia. Otros aspectos de esta simbiosis entre inteligencia biológica y no biológica en la etapa posingularidad, incluyen el gradual predominio de la realidad virtual en nuestras experiencias, y la posibilidad de ser varias personas distintas tanto física como emocionalmente en el entorno virtual. Por último, Kurzweil especula acerca de la posibilidad de que la simbiosis de inteligencia humana y artificial llegue a “saturar” la energía y la materia que nos rodea, y que se proyecte al resto del universo.<sup>373</sup>

En contraste, con esta visión bastante optimista de un futuro humano impregnado de tecnología, para Bill Joy, científico en jefe de Sun Microsystems y otro de los pioneros de la industria de la computación, las tecnologías del siglo 21 —genética, nanotecnología y robótica— tienen usos comerciales claros, son muy lucrativas y están siendo desarrolladas casi exclusivamente por corporaciones privadas en el marco del sistema capitalista global. Este conjunto de tecnologías puede generar nuevas clases de accidentes y abusos, y lo que las hace aún más peligrosas es que están ampliamente al alcance de individuos o grupos pequeños. Para Joy, las consecuencias podrían ser aterradoras:

[...] este es el primer momento en la historia de nuestro planeta en que cualquier especie, por sus propias acciones voluntarias, se ha convertido en un peligro para sí misma —así como para un vasto número de otras. Creo que no es exagerado decir que estamos en la cúspide de una mayor perfección de la maldad extrema, de una maldad cuya posibilidad se extiende mucho más lejos que lo que las armas de destrucción masiva legaron a los estados-nación, hasta llegar a darle a los individuos extremistas un sorprendente y gran poder destructivo.<sup>374</sup>

373 No obstante, en forma aparentemente contradictoria, para Kurzweil, “la inteligencia que emergerá continuará representando la civilización humana, que ya es una civilización humana-mecánica. En otras palabras, las máquinas futuras serán humanas, aun si no son biológicas. Este será el próximo paso en la evolución, el siguiente cambio de paradigma de alto nivel, el próximo paso de no dirección (indirection). La mayoría de la inteligencia en nuestra civilización será en última instancia no biológica. Al final de este siglo, será trillones de trillones de veces más poderosa que la inteligencia humana”. Ray Kurzweil 2005: 25-29, 30. Las ideas de Kurzweil han encontrado eco en América Latina en el Movimiento Transhumanista, que se define como: “un movimiento cultural e intelectual que afirma la posibilidad y necesidad de mejorar la condición humana [...] desarrollando y haciendo ampliamente disponibles tecnologías que aumenten las capacidades físicas, intelectuales y psicológicas de los seres humanos. Muchas de estas tecnologías ya existen o están en vías de desarrollo, y su aplicación a gran escala sin duda modificará a la sociedad de muchas formas. [...] Es necesaria una aproximación interdisciplinaria para comprender y evaluar las probabilidades de superar las limitaciones biológicas aplicando las capacidades de las presentes y futuras tecnologías. Los transhumanistas buscan expandir las oportunidades que brinda la tecnología para que la gente pueda ser más saludable y longeva, y aumentar su potencial intelectual, físico y emocional”. Véase: <http://www.transhumanismo.org>.

374 Bill Joy 2000.

La posibilidad de extinción de la humanidad, que fuera examinada por el ilustre científico e intelectual latinoamericano Amílcar Herrera hace treinta años, ha sido considerada recientemente desde diversas perspectivas. Teniendo como telón de fondo la carrera armamentista nuclear, Herrera consideró que:

[...] la civilización occidental se ha vuelto disfuncional, en el sentido de que ya no es capaz de dar respuestas adecuadas a los problemas originados por su propia evolución. Si mantiene la actual tendencia, ésta llevará inexorablemente a la humanidad a la autodestrucción. [...] Nuestra situación actual no representa el tipo de crisis política a la que estábamos acostumbrados en el pasado, sino una crisis de la especie humana como tal. A menos que ocurran cambios imprevisibles, desapareceremos, tal como ha ocurrido con muchas otras especies en la larga historia de la vida. (*Énfasis en el original*)<sup>375</sup>

La amenaza de un holocausto nuclear planetario, que motivó las reflexiones de Amílcar Herrera, se ha atenuado durante los treinta años transcurridos desde que escribió *La larga jornada*. No obstante, los peligros asociados a la carrera armamentista han sido amplificados durante los últimos decenios por otras situaciones críticas, cuyas consecuencias pueden ser catastróficas para la humanidad al punto tal que, de acuerdo a Martin Rees, cosmólogo y presidente de la Real Sociedad Científica del Reino Unido, nuestra especie podría estar en su “hora final” y “las probabilidades no son mejores que cincuenta-cincuenta de que nuestra civilización actual en la Tierra sobreviva hasta el fin del presente siglo”.<sup>376</sup>

Por su parte, Helio Jaguaribe a lo largo del curso de la historia, y “sobre todo a partir de la revolución tecnológica de la segunda mitad del siglo XX, el hombre desarrolló una capacidad técnica y fue conducido a situaciones sociales que colocaron seriamente en riesgo, a más largo plazo, su propia supervivencia”.<sup>377</sup> Para Katerina Harvati, paleontóloga y especialista en evolución humana, la posibilidad de extinción no es desdeñable. La habilidad para sobrevivir en un amplio rango de ambientes, el crecimiento demográfico y la expansión por todo el planeta, han hecho que seamos “los únicos sobrevivientes de nuestra línea. Somos miles de millones, y nuestras actividades han estado sobrecargando los ecosistemas de la tierra”. Añade que las consecuencias son terribles para un número creciente de organismos, y se pregunta si “¿serán las nuevas condiciones que hemos creado capaces de sostenernos, o nos hemos dado el mismo destino que tuvieron nuestros competidores en el pasado?”. Su respuesta es que “tendremos, una vez más, que ajustar nuestro extraordinariamente flexible comportamiento para enfrentar el desafío sin precedente de cambio climático y una crisis de biodiversidad que se aproxima a la escala de extinción masiva. Quizás aún haya tiempo para adaptarse”.<sup>378</sup>

375 Amílcar Herrera 1981: 55, 72. Para reseñas e interpretaciones más recientes de esta obra de Herrera véase la reseña de Alejandro Jiménez en: <http://la-pasion-inutil.blogspot.com/2009/10/amilcar-o-herrera-la-larga-jornada-la.html>; y la ponencia de Santiago Harriague 2010.

376 Martin Rees 2003: 8.

377 Helio Jaguaribe 2006: 326.

378 Katerina Harvati 2009: 213-223. Manuel Toharia, físico y divulgador científico, plantea una hipótesis con ribetes de cien-

Consideradas separadamente, estas preocupaciones sobre el medio ambiente, el impacto de los avances tecnológicos y las posibilidades de extinción de nuestra especie requieren reflexión y análisis; consideradas en conjunto, demandan una profunda reexaminación de los supuestos básicos que orientan nuestras acciones individuales y colectivas, y una reevaluación del papel que pueden —y deben— cumplir el conocimiento y la tecnología en el futuro de la humanidad.

Tomando en cuenta estos argumentos acerca del mundo diferente que está surgiendo en los primeros decenios del siglo 21, ¿será suficiente para América Latina tener éxito en la creación de capacidades endógenas de ciencia, tecnología e innovación?; ¿basta con reforzar la creación de conocimientos, el avance tecnológico, las transformaciones productivas y los procesos de innovación?; ¿debemos seguir el camino trazado por los países y regiones que crearon sus capacidades endógenas antes que nosotros? Las respuestas a estas preguntas es: *probablemente no*. Si bien, tal como se ha planteado en los capítulos precedentes, contar con estas capacidades es un requisito esencial para mejorar la calidad de vida, el desempeño económico y la conservación del medio ambiente, en los escenarios que se avizoran para los próximos decenios es preciso hacer mucho más.

## 7.2 El ocaso de la era baconiana<sup>379</sup>

Una primera tarea que surge de las apreciaciones en la sección precedente consiste en desarrollar y ofrecer —desde América Latina— nuestras propias interpretaciones de la evolución humana y de las difíciles circunstancias que vivimos en la actualidad. Esta tarea fue abordada por Amílcar Herrera en su libro *La larga jornada* en el cual, además de examinar las posibilidades y consecuencias de un holocausto nuclear, propone un enfoque unificado que considera “el desarrollo histórico del hombre como continuidad de su evolución biológica” y que “la función biológica del hombre es explorar y conocer el mundo que lo rodea”, lo que está indisolublemente asociado con “su apremio para usar el poder de su mente para proveer los requerimientos materiales de la vida”. Para Herrera estos dos imperativos —conocimiento y supervivencia— son “complementarios y conflictivos al mismo tiempo, cada uno es la condición para que el otro evolucione y [...] su tendencia a una armonización final es una de las claves para el entendimiento del hombre como ser histórico”.<sup>380</sup>

cia ficción sobre la extinción humana: “cerebros inteligentes y desprovistos de nuestra animalidad asumirían sin duda que los humanos somos imperfectos [...] Y que lo mejor que podría pasar para que el legado cultural se perpetuara [...] y para que el planeta fuera gestionado de manera sostenible y sin ambiciones destructivas a medio y largo plazo [...] es que los humanos desaparecieran. [...] Sería como si ya hubiéramos cumplido nuestro papel en la evolución biológica: fabricar una inteligencia similar a la nuestra, pero desprovista de los inconvenientes animales que nos la mediatizan demasiado a menudo. Los seres humanos habríamos sido, después de todo, tan sólo un eslabón más en la selección natural de las especies; y habríamos servido para dar paso a algo mejor, desapareciendo del mapa una vez cumplido ese designio evolutivo”. Véase Manuel Toharia 1998: 198.

<sup>379</sup> Esta sección y las dos siguientes se basan en: Francisco Sagasti 1997b; 2000a: 595-602; y 2006.

<sup>380</sup> Amílcar Herrera 1981: 136. Véase también el libro de Helio Jaguaribe 2006.

Helio Jaguaribe, en una vasta y completa reseña del origen del universo, la evolución biológica y el destino humano, llega a la conclusión de que el ser humano es un “animal trascendente [...] que dispone, por un lado, de un extraordinario poder de innovación. Por otro lado, está sometido a la necesidad de dar sentido a su efímera existencia y a su inserción en un cosmos desprovisto de cualquier sentido”. Añade que: “la extraordinaria inventiva humana, impulsada por su egoísmo trascendente, puede conducirlo a superar los macroproblemas que está afrontando”.<sup>381</sup>

Empleando el esquema conceptual propuesto en este trabajo (capítulos 2 y 3), el cambio de época en que estamos ingresando, y la inestabilidad y la turbulencia que lo acompañan, están asociados con la “triple crisis” que, en los inicios del siglo 21, involucra cambios fundamentales y simultáneos en la forma dominante de generar conocimiento, en la base tecnológica, en la estructura de las actividades productivas, y en las maneras en que estas corrientes se articulan entre sí a través de los procesos de innovación.

Hemos iniciado ya una transición hacia nuevas formas de generar conocimiento, que eventualmente complementarán y quizás podrían reemplazar a la ciencia, y que determinarán la dirección general de la evolución social. Como resultado de estos cambios, se transforma el concepto que tienen los seres humanos de sí mismos y de su relación con el mundo biofísico, y estas nuevas concepciones permean y engloban gradualmente a todas las actividades humanas. Profundos trastornos, enorme turbulencia y grandes tumultos acompañan el desplazamiento de una a otra forma dominante de generación de conocimientos, algo que ocurre en un plazo que abarca varios cientos de años, puede tomar un siglo o más en concretarse, y ocurrió por última vez durante el Renacimiento y la Revolución Científica. Sin embargo, es preciso acotar que los procesos de cambio han venido acelerándose y que es muy posible que en el siglo 21 veamos acortarse los períodos de transformaciones fundamentales aquí señalados.

Mirando hacia el pasado con lo aprendido durante los últimos cuatro siglos, es posible argumentar que lo que confirió a este período de la historia su carácter peculiar y único fue la articulación y puesta en marcha del “programa baconiano”, como lo denominó el filósofo Hans Jonas, cuyo principal arquitecto fue sir Francis Bacon (1561-1626), filósofo insigne y tesorero de la Corona de Inglaterra.<sup>382</sup> El período de transición que estamos viviendo en la actualidad, y que augura una nueva época en la historia de la humanidad, puede caracterizarse como “el ocaso de la era baconiana”.

<sup>381</sup> Helio Jaguaribe 2006: 343.

<sup>382</sup> Sir Francis Bacon fue un personaje controvertido y ambivalente. Las cambiantes interpretaciones de su legado a lo largo de la historia reflejan la complejidad e importancia de sus ideas, así como las preocupaciones dominantes en diferentes etapas de la historia intelectual de Occidente.

Hans Jonas definió el programa baconiano en los siguientes términos: "orientar el conocimiento hacia el dominio sobre la naturaleza, y utilizar este dominio para mejorar la situación de la humanidad" (Jonas 1984: 140). Ampliando su interpretación, es posible identificar tres factores clave que distinguieron a este programa de otras maneras de visualizar la generación y utilización de conocimiento en los tiempos de Bacon: (i) la toma de conciencia acerca de la importancia de emplear procedimientos de investigación adecuados (la ciencia y el método científico); (ii) una visión clara del objetivo central de la ciencia (mejorar la condición humana); y (iii) una perspectiva práctica sobre las medidas necesarias para llevar a cabo el programa (instituciones científicas y apoyo público). A estos componentes se añade la idea de progreso humano continuo, acumulativo y permanente esbozada por Bacon en sus tratados, que posteriormente, durante la Ilustración, se transformaría en la fuerza impulsora del programa baconiano. Todo esto, firmemente anclado en la convicción de que la humanidad ocupaba el lugar central y privilegiado en un mundo producto de la creación divina, le dieron al programa baconiano su carácter especial y único que le permitió resistir los embates del tiempo y perdurar hasta nuestros días. Como consecuencia de la puesta en práctica de este programa, la condición humana ha mejorado en forma tal que Bacon y sus contemporáneos no pudieron siquiera imaginar hace cuatro siglos.

La idea del progreso, es decir, la convicción de que la humanidad es capaz de avanzar en forma lineal, continua e ilimitada hacia un mundo mejor, fue la principal fuerza motriz del programa baconiano. Esta idea permitió movilizar las energías humanas durante los siglos 17, 18 y 19 en Occidente para emprender una serie de iniciativas en los ámbitos de la ciencia, tecnología, producción, innovación y la organización social, que alteraron radicalmente las relaciones entre nuestra especie y el entorno biofísico que nos rodea, así como las formas en que los seres humanos nos relacionamos entre nosotros. La idea de progreso permanecería firmemente anclada en la mentalidad occidental hasta principios del siglo 20 como una fuerza positiva e ineludible.

Sin embargo, los eventos de la primera mitad de lo que el historiador británico Eric Hobsbawm llamó el "corto siglo veinte", cuestionaron severamente las nociones de progreso humano continuo y sin fin.<sup>383</sup> Estos decenios fueron testigos de las guerras entre Rusia, China y Japón, la carnicería de la primera guerra mundial, la revolución rusa y la emergencia del totalitarismo comunista, el avance del fascismo y del nazismo en Europa, el colapso de Wall Street en 1929 y la gran depresión norteamericana y mundial durante los años treinta, el holocausto y la destrucción de la segunda guerra mundial, y el bombardeo atómico de Hiroshima y Nagasaki. Estos trágicos acontecimientos, que aniquilaron a decenas de millones de personas y generaron incalculable sufrimiento, no permitieron continuar abrigando y alimentando la concepción de que el progreso

383 Eric Hobsbawm 1994.

humano era acumulativo, inevitable y permanente. Al socavarse esta creencia, los éxitos y logros del programa baconiano —íntimamente vinculado a la idea de progreso— empezaron también a ser cuestionados.

Un supuesto fundamental del programa baconiano es que la humanidad ocupa el lugar central en un mundo creado por Dios. Esta creencia en la centralidad de la humanidad sería luego trasladada al ámbito secular y mantenida en prácticamente todas las narrativas de la evolución humana, si bien Dios sería dejado de lado en la mayoría de las explicaciones científicas del origen del universo y de nuestra especie.<sup>384</sup> La hipotética superioridad y el carácter único de la humanidad, así como la centralidad que nos hemos asignado en el orden del cosmos, han sido atacados desde varios frentes. En la segunda mitad del siglo 20, y particularmente durante los últimos dos decenios, surgieron nuevos desafíos a las concepciones de la realidad y de la condición humana que hemos heredado del programa baconiano. Como consecuencia, estamos siendo forzados a mirarnos desde nuevos puntos de vista y bajo nuevas luces. Entre otras cosas, esto hace necesario volver a ubicar a la humanidad de una manera excéntrica en relación con los demás organismos vivientes y al mundo que nos rodea.

Entre los descubrimientos que requieren una revisión de nuestras concepciones de la naturaleza humana y de los postulados del programa baconiano podemos encontrar: los avances en la física de las partículas, que han cambiado nuestras ideas sobre la realidad material y la noción de que existe un mundo externo, totalmente separado e independiente de nosotros como observadores e intérpretes; los descubrimientos en cosmología cuántica, que nos están forzando a modificar nuestras concepciones sobre el origen y el destino del universo, y sobre el lugar que ocupamos en él; los resultados de las investigaciones acerca de la naturaleza del tiempo, que requieren abandonar la noción de que el tiempo fluye de manera absoluta e inmutable como telón de fondo para el progreso de la humanidad; la necesidad de aceptar que las actividades humanas están cada vez más estrechamente acopladas en los ecosistemas biofísicos, lo que nos está obligando a abandonar la idea de que la naturaleza existe para ser conquistada y dominada por los seres humanos; los avances en biotecnología e ingeniería genética, que nos están

384 La descripción y reinterpretación del mito de Prometeo por parte de sir Francis Bacon ofrece un planteamiento muy claro de su punto de vista de que la intervención divina había otorgado a nuestra especie un sitio privilegiado en el cosmos. Para Bacon, "Prometeo significa de una manera clara y específica la Divina Providencia [...] el trabajo especial y peculiar de la Providencia fue la creación y constitución del Hombre". Luego añade: "El propósito central de la parábola parece ser que el Hombre, si es que examinamos las causas finales, puede ser considerado como el centro del mundo; de tal manera que si el Hombre fuera extraído del mundo, el resto parecería perderse, sin fin o propósito [...] Esto es porque todo el universo trabaja conjuntamente al servicio del Hombre, y no hay nada de lo cual él no derive un uso o fruto. Las revoluciones y trayectorias de las estrellas le sirven para distinguir las estaciones y definir la ubicación de las distintas partes del mundo. Los fenómenos en el cielo medio le permiten pronosticar el tiempo y el clima. Los vientos empujan sus barcos y hacen funcionar sus fábricas y motores. Las plantas y los animales de todo tipo existen para proporcionarle vivienda y protección, para darle ropa, alimentos y medicina, o para aliviar su trabajo, o para darle placer y comodidad; todo esto debido a que todas las cosas existen para beneficio y provecho del Hombre, y no para su propios fines" (Bacon 1985: 270-271). La traducción trata de conservar el significado más que la literalidad del texto. Nótese el uso de "Hombre" para referirse a la humanidad en su conjunto.

dando la capacidad de alterar conscientemente la dirección de nuestra propia evolución biológica; los desarrollos en la inteligencia artificial, que han surgido para complementar y plantear desafíos a las ideas convencionales acerca del carácter único y especial de la razón humana; y los nuevos avances en las ciencias y tecnologías de la información, que están creando nuevos tipos de "realidades" y alterando fundamentalmente la naturaleza y los patrones de interacciones humanas.

Estos desafíos son producto de los avances científicos y tecnológicos de la civilización occidental, que acompañaron el despliegue del programa baconiano; su impacto combinado, que irrumpió con fuerza atronadora en el escenario mundial al culminar el siglo 20, nos obliga a reevaluar el legado de la era baconiana. Desde esta perspectiva, la interpretación del mito de Prometeo que hizo Bacon debe ser actualizada, pero en términos más ambiguos e inciertos y sin suponer que "el hombre es el centro del universo".

En todos y cada uno de los campos mencionados, nuestro conocimiento está avanzando a tal velocidad que es casi imposible ofrecer una descripción precisa de la amplitud e intensidad de los cambios en marcha. Como consecuencia de estos avances hemos tenido que aceptar nociones extrañas acerca de la naturaleza probabilística del mundo físico, que no es algo objetivo que "está allí", independiente de los seres humanos como observadores, y también a considerar nociones aún más insólitas acerca de la existencia de una multiplicidad de universos, que no pueden ser comprobadas con las herramientas de la ciencia moderna. Hemos tenido que revisar nuestras ideas acerca del flujo lineal y continuo del tiempo, que no puede ya considerarse como referencia absoluta e inmutable para el avance ilimitado del progreso humano. También nos hemos visto obligados a abandonar nuestra concepción antropocéntrica del medio ambiente, y a reevaluar los vínculos de reciprocidad que existen entre los seres humanos y el mundo biofísico que nos rodea.

Al mismo tiempo, debemos hacernos plenamente responsables de guiar la evolución biológica de nuestra especie, estemos o no en capacidad de asumir esta enorme y portentosa responsabilidad; empezamos a enfrentar el desafío de la inteligencia artificial, que nos ha demostrado que la capacidad de realizar tareas lógicas y raciocinar —si bien aún en ámbitos claramente delimitados— no es una facultad exclusivamente humana; y también hemos tenido que hacer frente al rápido surgimiento del ciberespacio, un nuevo nivel de realidad, que quiebra el dualismo materia-mente que ha impregnado la concepción moderna del mundo en que vivimos. Por último, pero no menos importante, nos hemos dado cuenta de que los avances tecnológicos están transformando las interacciones humanas, fragmentando nuestro ser, y alterando profundamente nuestro sentido de identidad personal y colectiva.

Estos desafíos hacen necesario reconsiderar los fundamentos del programa baconiano. Los métodos de la ciencia moderna han evolucionado gradualmente a lo largo de cuatro siglos desde los tiempos de Bacon, Descartes, Galileo, Newton y de muchos otros pioneros en este campo, pero experimentarán transformaciones aún más radicales a medida que avancemos en el siglo 21. Para Ulrich Beck "no es el fracaso de las ciencias sino su éxito lo que las ha destronado. Incluso cabría decir que cuanto mayor ha sido el éxito de su actuación durante el siglo actual, más rápida y profundamente se han relativizado sus originarias pretensiones de validez". Esto lo lleva a preguntarse: "la ciencia ha cambiado al mundo como casi ningún otro poder ¿Por qué el cambio del mundo no habría de conducir a la ciencia a un cambio de sí misma?".<sup>385</sup>

Nuestros esfuerzos por mejorar la condición humana han tenido una serie de consecuencias inesperadas e indeseables, que han hecho imposible cumplir plenamente y sin ambigüedad con el precepto baconiano de utilizar el conocimiento en beneficio de la humanidad. Los arreglos institucionales para la generación y utilización del conocimiento, junto con la idea de que el conocimiento es un bien público y que apoyar la investigación es principalmente una responsabilidad estatal, están siendo modificados en forma violenta, al mismo tiempo que la privatización de vastas áreas de conocimiento científico avanza aceleradamente.

En forma adicional, y como se indicó anteriormente, la confianza en el carácter continuo e ilimitado del progreso humano ha sido socavada por las catástrofes humanas del siglo 20. Más aún, la progresiva pérdida de las dimensiones éticas y morales que Bacon —en su genuina y profunda preocupación por el bienestar de la humanidad— había introducido en su programa, es una de las causas principales de la paradoja de que el extraordinario éxito del programa baconiano ha terminado por destruir sus propios cimientos.

### 7.3 Hacia una reinterpretación del progreso y el desarrollo

El despliegue del programa baconiano a lo largo de los siglos llegó a su máxima expresión en la segunda mitad del siglo 20, abrió posibilidades extraordinarias para el ejercicio de las facultades humanas y permitió elevar la calidad de vida de gran parte de la humanidad. No obstante, al mismo tiempo destruyó buena parte de los ecosistemas de los cuales depende nuestra existencia, y sus beneficios fueron acaparados por una parte de la población mundial en los países con mayor capacidad científica, tecnológica y de innovación.

<sup>385</sup> Ulrich Beck 1998: 212, 228.

La culminación del programa baconiano estuvo íntimamente ligada a la aparición del concepto de “desarrollo”, que emergió al finalizar la segunda guerra mundial, y que puede considerarse como la última —y final— reinterpretación de la idea occidental de progreso en el marco de este programa, cuyo ocaso estamos presenciando. La idea de desarrollo transformó la concepción de progreso sin límites en un planteamiento universal aplicable a todas las sociedades, y lo asoció con el imperativo del crecimiento económico. Llevaba la promesa implícita de que sería posible alcanzar los niveles de prosperidad y bienestar de las sociedades occidentales más avanzadas en unos pocos decenios, y sin los costos sociales en que estas incurrieron o impusieron a otras.

El pensamiento dominante sobre el desarrollo que prevaleció durante la segunda mitad del siglo 20 ubicó a todas las sociedades en una sola línea continua, de menos a más desarrollados y, pese a los intentos de otras corrientes de pensamiento como el estructuralismo (véase la sección 5.2.2), llegó a permear las actividades de las agencias bilaterales y bancos multilaterales que financiaban programas de desarrollo. El énfasis que se puso inicialmente en promover el crecimiento económico cedió paso a consideraciones de orden social, institucional y ambiental, además de involucrar progresivamente temas institucionales, políticos y de carácter internacional. Sin embargo, en la imaginación popular, en el ámbito profesional y en las esferas políticas nacionales e internacionales, la idea de desarrollo continuó privilegiando el crecimiento económico —si bien adjetivándolo con los términos “humano” y “sustentable”.<sup>386</sup>

La simbiosis entre “crecimiento” y “desarrollo” empezó a cuestionarse con la introducción del concepto “codesarrollo”<sup>387</sup> en 1972, y posteriormente con la propuesta de avanzar hacia el “desarrollo sustentable” de la Comisión Brundtland en 1987.<sup>388</sup> Este último concepto fue planteado como un proceso de cambio en el cual el uso de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del cambio técnico y los cambios institucionales sean consistentes con las necesidades actuales y de las generaciones futuras.<sup>389</sup> No obstante estos esfuerzos, críticas como las de Herman Daly y su “teorema de la imposibilidad” plantearon que no toda la población mundial podría disfrutar de los niveles de consumo de los países más ricos sin violar los límites biofísicos de la naturaleza (por ejemplo, de transformación de la energía solar a través de la fotosíntesis), lo que convertía la idea de “desarrollo sustentable” en una contradicción.<sup>390</sup>

<sup>386</sup> Sobre el tema véanse los informes sobre el desarrollo mundial del Banco Mundial y sobre el desarrollo humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Para un breve resumen véase también: Francisco Sagasti y Keith Bezanson 1995; y Keith Bezanson y Francisco Sagasti 2005.

<sup>387</sup> Esta idea fue introducida por Ignacy Sachs en la primera Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, realizada en Estocolmo en 1972, y fuertemente endosada por Maurice Strong, secretario general de la conferencia.

<sup>388</sup> World Commission on Environment and Development 1987 (presidida por Gro Harlem Brundtland).

<sup>389</sup> Para un análisis de la evolución de las ideas sobre la relación entre medio ambiente y desarrollo en este período, véase: Michael Colby 1991: 589-615.

<sup>390</sup> Herman E. Daly 1993.

Las respuestas a estas críticas apelaban al avance tecnológico como una manera de superar estas limitaciones, aunque sin tomar en cuenta que las capacidades de generar conocimiento y tecnología están concentradas en los países ricos con niveles excesivos de consumo y uso de energía por habitante. Sin embargo, las críticas al crecimiento económico han arreciado durante los últimos años y se ha socavado la confianza en que la ciencia y la tecnología podrían ayudar a resolver estas contradicciones.<sup>391</sup>

La toma de conciencia sobre el papel cada vez más importante del conocimiento y la innovación, y la constatación de enormes disparidades en ciencia y tecnología entre los países ricos y los pobres, llevaron durante los decenios de 1970 y 1980 a intentar redefinir el progreso y el desarrollo en términos científicos y tecnológicos. De esta manera, la creación y consolidación de capacidades endógenas de ciencia, tecnología e innovación fueron postuladas como una condición necesaria para mejorar el desempeño económico, aumentar la calidad de vida y conservar el medio ambiente, tal como lo planteó el Plan de Acción de Viena, aprobado en la Conferencia Mundial sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo en 1979 (véase los capítulos 2 y 3, y sección 5.1.2).<sup>392</sup>

Replantear las ideas de desarrollo y progreso en la incierta transición hacia la era posbaconiana es aún un tarea pendiente. Requiere de una multiplicidad de ejercicios prácticos de imaginación y de conversaciones abiertas, flexibles y capaces de acomodar una diversidad de concepciones provisionales y parciales, al tiempo que estimulan y mantienen un proceso de aprendizaje colectivo que permita acumular experiencia y conocimiento, aunque sin esperar llegar a una conclusión final definitiva.

Tentativamente podríamos sugerir que desarrollo y progreso deberían ser redefinidos como procesos sin límite de creación y realización de nuevos valores, de evolución hacia percepciones compartidas de lo que es y debe ser la humanidad, y de invención de maneras de avanzar, individual y colectivamente, hacia la puesta en práctica de estos valores en todas las actividades humanas. Implícito en esta propuesta está el supuesto de que no existe un solo esquema interpretativo que pueda explicar las múltiples realidades de las sociedades humanas, y guiarnos inequívocamente en la búsqueda de estrategias y políticas de desarrollo comunes para todos. Esto conduce hacia aceptar la diversidad, reconocer la existencia de conflictos y a buscar formas de

<sup>391</sup> Para Thomas Homer-Dixon, es necesario pasar de un “imperativo del crecimiento” a un “imperativo de la capacidad de resistencia” (*resilience*). Bill McKibben es aún más radical: “En el mundo en que crecimos, nuestro hábito económico y político más arraigado era el crecimiento; es el reflejo que tenemos que temperar y va a ser muy difícil. [...] el obvio reemplazo [...] —para la esperanza vana de que el resto del mundo puede emular nuestro sucio crecimiento y llegar a vidas relativamente confortables y seguras— es [...] un gran acuerdo en el que el Norte global decide compartir con el Sur global. Y en reciprocidad el Sur acepta desarrollarse en una senda diferente y más limpia [...] De todo lo dicho acerca de nuestro nuevo planeta —las tormentas más feroces, el derretimiento del hielo, el océano ácido— lo más terrorífico y extraño sería el fin del crecimiento”. Véase: Thomas Homer-Dixon 2008: 308; y Bill McKibben 2010: 78 y 90.

<sup>392</sup> Véase: Francisco Sagasti 1980a: 137-154; 1983a: 1627-1654; y 1988: 37-56.

resolverlos sin violencia, y también a destacar la importancia de la tolerancia, el respeto por los puntos de vista de otros, la transparencia y las prácticas democráticas.<sup>393</sup>

Más aún, la puesta en práctica de estos nuevos valores requiere de una condición instrumental básica: contar con capacidades en ciencia, tecnología e innovación distribuidas en forma equitativa en el ámbito global y en el interior de todas las sociedades. Sin este requisito clave, no sólo será imposible lograr una amplia participación en las conversaciones para redefinir el progreso y el desarrollo, o transformar las nuevas ideas en iniciativas prácticas, sino que también correremos el riesgo de que las disparidades entre quienes serán capaces de adaptarse y responder a los desafíos del futuro, y aquellos que quedarán marginados, se conviertan en un abismo infranqueable.<sup>394</sup>

#### 7.4 El corazón sobre la piedra

Las consideraciones precedentes sugieren, de manera cada vez más clara, que a medida que avanzamos en el nuevo siglo, la humanidad se ha embarcado en un viaje hacia territorio desconocido; un viaje cuyo destino no podemos, al menos todavía, visualizar con claridad y que nos está forzando a reevaluar la condición humana. Ambigüedades, paradojas e incertidumbre acompañan esta transición —asociada a la triple crisis y al ocaso del programa baconiano—, cuyas características y consecuencias son comparables a las que tuvieron el Renacimiento y la Revolución Científica.

Desde tiempos inmemorables los seres humanos nos hemos distinguido en forma radical de las otras especies, tal como se refleja en los mitos de la creación en todo el mundo, que identifican a la humanidad como lo más avanzado del reino animal y lo más cercano a los dioses. Sin embargo, si bien prácticamente todas las civilizaciones le otorgan a nuestra especie un lugar especial en el orden cósmico, el carácter único, la preeminencia y la centralidad de la humanidad con relación a la naturaleza y a otras criaturas vivientes han sido un tema particularmente dominante y recurrente en la cultura occidental.

Lo esencial de la condición humana consiste en una peculiar combinación de evolución biológica y cultural que, a través de la emergencia del lenguaje y de la toma de conciencia de nuestra existencia y de nuestra mortalidad, nos ha conferido a los seres

<sup>393</sup> Otro intento posterior de redefinir el desarrollo en términos del "bien común" consideró como objetivo: "ampliar al máximo posible las opciones que tienen todos para imaginar, diseñar, elegir y realizar libremente sus propios proyectos de vida", e incorpora la idea de aprovechar las oportunidades que ofrece la sociedad del conocimiento. Véase: Francisco Sagasti 2000b: 32-35.

<sup>394</sup> Las consecuencias de estas disparidades han sido destacadas por Thomas Homer-Dixon: según este autor, en el siglo 21 habrá "crecientes disparidades entre aquellos que se adaptan bien y aquellos que no [lo puedan hacer] obstaculizarán nuestro avance hacia un sentido compartido de la comunidad humana, y erosionarán la estabilidad y prosperidad de nuestra nueva sociedad globalizada" (Thomas Homer-Dixon 2001: 1). También lo han sido por James Martin: "El siglo 21 presenta una extrema dicotomía: en los países más fuertes será un tiempo de grandes aumentos en riqueza y un aumento masivo en lo que los humanos pueden lograr. En los países más débiles, habrá un ciclo de pobreza, enfermedades, violencia y caos social continuamente en deterioro" (James Martin 2006: 24).

humanos una extraordinaria ventaja sobre otras especies en la tierra. Sin embargo, *estamos embarcados ahora en el proceso de alterar el entorno y los fundamentos de estos dos tipos de evolución, y también la forma en que se despliegan*. Estamos transformando nuestro entorno biofísico en un grado nunca visto, modificando los patrones de comunicación e interacción humanas que le dan forma a la cultura, y creando nuevos tipos de realidad para proyectar nuestros sentimientos y emociones, y para ejercer nuestras facultades cognitivas e intelectuales. Estamos también expandiendo nuestras capacidades físicas y mentales por medio de la gran variedad de aparatos artificiales que hemos creado, y adquiriendo la capacidad de controlar y dirigir nuestra evolución biológica.

En medio de la confusión y turbulencia asociadas a estos cambios fundamentales, podríamos aventurar que la crisis y los desafíos que confrontamos al agotarse el programa baconiano son algo que la humanidad tendrá que enfrentar una y otra vez. Nuestro conocimiento y nuestras capacidades avanzan indefectiblemente, pero la actividad de la mente humana sobrepasa continuamente sus propias creaciones. Para cuando nuestra comprensión —y menos aún, nuestros hábitos, instituciones y valores— alcancen a los productos de nuestro intelecto, nos habremos desplazado, una vez más, hacia territorio ignoto. Hacemos esto al expandir y transformar el ámbito de la experiencia humana, y también creando nuevas realidades, generando nuevos problemas, y descubriendo nuevos misterios a ser develados. Más aún, podríamos considerar esta incesante búsqueda de nuevas interpretaciones de la condición humana, de nuevas maneras de resolver el acertijo de nuestra existencia contingente, como un atributo excepcional de la especie humana.

A lo largo del camino, reconstruimos nuestras realidades individuales todo el tiempo y nuestras realidades colectivas de vez en cuando. Sin embargo, estamos viviendo en un período muy especial de la historia humana en el cual la realidad está siendo reconfigurada para todos los miembros de nuestra especie. En el albor de la era posbaconiana debemos embarcarnos en la búsqueda de un nuevo programa que sustituya al que formuló sir Francis Bacon. Quizás nos tomará decenios (o posiblemente más tiempo, si es que lo tenemos) articular un nuevo programa para toda la humanidad con la claridad y coherencia que podemos —cuatrocientos años después de que fuera planteado— atribuirle al programa baconiano. Esta búsqueda debe basarse en los extraordinarios logros del programa baconiano, pero aceptando también sus limitaciones. Dos indicios sugieren una dirección posible para nuestra búsqueda.

En primer lugar, necesitamos ampliar lo que se transformó en un estrecho rango de consideraciones —vinculadas principalmente al ejercicio de nuestras facultades racionales— que fueron plenamente incorporadas en el despliegue del programa baconiano. Quizá esto requiere poner a las consideraciones éticas, emocionales y estéticas —es decir, los sentimientos— en el mismo nivel que la razón, integrando todos ellos en el diseño de un nuevo programa. Como lo planteara Amílcar Herrera hace treinta años,

"tenemos que comprender, sobre todo en el mundo occidental, que el conocimiento no puede reducirse a un conocimiento científico, filosófico o religioso. También el arte es un poderoso instrumento para penetrar el sentido del universo".<sup>395</sup>

El segundo indicio se deriva del hecho de que, en el proceso de poner en práctica el programa baconiano, la civilización occidental apabulló a las demás civilizaciones. En sólo algunas centurias cambiaron radicalmente todos los aspectos de la condición humana para la mayoría de nuestro planeta. Otras culturas y civilizaciones tuvieron que absorber, adaptarse y responder a los avances de Occidente. En el camino, las contribuciones potenciales de las maneras de pensar, vivir y hacer de otras civilizaciones se perdieron, o al menos fueron dejadas de lado.

Quizás es tiempo de reconsiderar esta situación y empezar a recuperar una diversidad de concepciones y perspectivas culturales sobre la condición humana, tal como se sugirió hace algún tiempo:

[...] pese a sus indudables realizaciones, la cultura científica y tecnológica occidental [...] no puede considerarse como un modelo universal que [todos] los países deben imitar, sino que más bien debería ser considerada como una de las tantas fases de un proceso general e histórico de evolución material e intelectual. Es necesario abandonar la arrogancia implícita en la cultura occidental, que hace [...] que se considere a sí misma como un modelo para el mundo en desarrollo. Hace falta una percepción más ecuménica de los procesos de desarrollo y de progreso en la cual se dignifiquen y valoren las posibilidades de las muchas culturas [no occidentales].<sup>396</sup>

Sin embargo, la búsqueda e integración de estas diversas concepciones culturales debe hacerse manteniendo una posición ética firme y responsable, evitando las manifestaciones extremas del relativismo cultural en las cuales cualquier comportamiento aparece como justificable.

Hace algunos años, cuando estaba avanzando en la formulación de las ideas sobre el ocaso de la era baconiana que luego se incorporarían en este libro, leí el cuento "El eclipse" de Augusto Monterroso, escritor guatemalteco y maestro del

<sup>395</sup> Amílcar Herrera 1981: 200. Homer-Dixon destaca también la importancia de trascender el ámbito de la razón: "Nuestro enfoque moderno para resolver problemas tiende a ser racional y analítico —y por lo tanto rigidamente empobrecido. Creo que la razón en sí misma no es —no puede ser— nuestra última salvación, y que por el contrario debemos hacer uso de nuestra singular capacidad humana de integrar emoción y razón: movilizar nuestras sensibilidades morales, crear dentro de nosotros un sentido de lo inefable, y lograr una toma de conciencia mesurada de nuestro lugar en el universo". Véase: Thomas Homer-Dixon 2001: 399.

<sup>396</sup> Véase Francisco Sagasti 1980a: 146-147. Más aún, tal como lo planteara Amílcar Herrera: "el mundo occidental ha comenzado a tener serias dudas acerca de la firmeza y racionalidad de su propia concepción de progreso y desarrollo; en su búsqueda de alternativas se ha vuelto consciente de que otras culturas pueden quizás aportar contribuciones para una visión del mundo más integradora y menos reduccionista". Véase: Amílcar Herrera 1981: 188. Así mismo, Constantin Von Barloewen 1995: 188-189, plantea que no es posible aceptar la hegemonía del "modelo universalista occidental y que existe una diversidad de opciones hacia la modernidad".

relato breve (recuadro 7). Monterroso nos recuerda que otras civilizaciones han sido capaces de adquirir conocimiento y develar los secretos del universo sin la valiosa ayuda de Occidente. El título de esta sección se deriva directamente de este cuento de Monterroso.

#### RECUADRO 7. "El eclipse"

Por Augusto Monterroso

Cuando fray Bartolomé Arrazola se sintió perdido aceptó que ya nada podría salvarlo. La selva poderosa de Guatemala lo había apresado, implacable y definitiva. Ante su ignorancia topográfica se sentó con tranquilidad a esperar la muerte. Quiso morir allí, sin ninguna esperanza, aislado, con el pensamiento fijo en la España distante, particularmente en el convento de los Abrojos, donde Carlos Quinto condescendiera una vez a bajar de su eminencia para decirle que confiaba en el celo religioso de su labor redentora.

Al despertar se encontró rodeado por un grupo de indígenas de rostro impasible que se disponían a sacrificarlo ante un altar, un altar que a Bartolomé le pareció como el lecho en que descansaría, al fin, de sus temores, de su destino, de sí mismo. Tres años en el país le habían conferido un mediano dominio de las lenguas nativas. Intentó algo. Dijo algunas palabras que fueron comprendidas. Entonces floreció en él una idea que tuvo por digna de su talento y de su cultura universal y de su arduo conocimiento de Aristóteles. Recordó que para ese día se esperaba un eclipse total de sol. Y dispuso, en lo más íntimo, valerse de aquel conocimiento para engañar a sus opresores y salvar la vida.

—Si me matáis —les dijo— puedo hacer que el sol se oscurezca en su altura. Los indígenas lo miraron fijamente y Bartolomé sorprendió la incredulidad en sus ojos. Vio que se produjo un pequeño consejo, y esperó confiado, no sin cierto desdén. Dos horas después el corazón de fray Bartolomé Arrazola chorreaba su sangre vehementemente sobre la piedra de los sacrificios (brillante bajo la opaca luz de un sol eclipsado), mientras uno de los indígenas recitaba sin ninguna inflexión de voz, sin prisa, una por una, las infinitas fechas en que se producirían eclipses solares y lunares, que los astrónomos de la comunidad maya habían previsto y anotado en sus códices sin la valiosa ayuda de Aristóteles.

Fuente: Augusto Monterroso, *El concierto y el eclipse*, México DF, Impresora Económica, Colección Los Epígrafes, 1952.

## 7.5 Comentarios finales

Al concluir este recorrido por los antecedentes, evolución y perspectivas de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el mundo, sólo queda hacer algunos comentarios finales. Los cuatro primeros capítulos han presentado un marco conceptual y una apreciación histórica de la ciencia, tecnología y producción en América Latina y el mundo, que nos permiten ubicar en contexto a los esfuerzos por desarrollar capacidades científicas y tecnológicas en la segunda mitad del siglo 20 (capítulo 5) y en el primer decenio del siglo 21 (capítulo 6), así como explorar en este capítulo algunos desafíos y opciones para el futuro.

A lo largo de este camino hemos constatado que la región tiene un riquísimo acervo de planteamientos y experiencias que configuran lo que ha sido llamado el "Pensamiento latinoamericano sobre ciencia, tecnología y sociedad". Hemos descubierto también numerosos indicios que permitirán al lector ofrecer su propia interpretación de la divergencia entre el mundo de las ideas y las realizaciones prácticas en ciencia, tecnología e innovación en América Latina. Diversas combinaciones de características culturales y dotaciones de recursos, estrategias y políticas, actitudes y comportamientos, influencias externas y condiciones domésticas, entre otros factores mencionados en el texto, permiten una variedad de aproximaciones a las razones que explican por qué los países latinoamericanos no han podido, si bien en diferente medida, avanzar resueltamente y ubicarse en las fronteras del conocimiento y la innovación mundial.

En comparación con otras regiones del mundo, a comienzos del siglo 21 América Latina está en una posición privilegiada para dar un gran salto en la creación de sus capacidades en ciencia, tecnología e innovación. También está en condiciones de ayudar a enfrentar los desafíos globales del futuro, y de descubrir nuevas maneras de mejorar la condición humana en un mundo cada vez más incierto, complejo y vulnerable. Para esto es preciso asimilar las lecciones que se derivan de la experiencia, continuar con las reformas e iniciativas en marcha, abordar la agenda para renovar estrategias y políticas, y explorar respuestas innovadoras de organización económica y social. Será útil tener en mente el desafío de Sísifo, aceptando que siempre habrá nuevas cimas hacia las cuales empujar la piedra, a lo que debemos añadir que el ocaso del programa baconiano está transformando la topografía y creando nuevos conjuntos de cerros y montañas.

Todo esto configura un panorama muy complejo y difícil para América Latina. Las crisis, turbulencia e inestabilidad global que acompañan la transición hacia la era posbaconiana tienen una serie de implicancias políticas e ideológicas, que podrían hacer tambalear los inconclusos procesos de democratización en la región, reviviendo

las tentaciones autoritarias y los rezagos de comportamientos políticos autocráticos. Esto puede ser extremadamente grave, porque la creación de capacidades endógenas de ciencia, tecnología e innovación, así como la búsqueda de nuevas maneras de mejorar la condición humana, sólo pueden prosperar en sociedades abiertas, en donde existe libertad de pensamiento, expresión y acción. Por lo tanto, es imperativo consolidar las instituciones y prácticas democráticas como un prerrequisito indispensable para aprovechar las oportunidades que se nos presentan en la actualidad.

Buena parte de la generación actual de políticos, profesionales, gerentes, científicos, dirigentes laborales y líderes de organizaciones de la sociedad civil construyó su visión del mundo sobre la base de su experiencia con los acontecimientos de los últimos treinta o cuarenta años. Los profundos y radicales cambios que se han dado en todos los órdenes de la actividad humana en la transición hacia el siglo 21 hacen que estas visiones sean inadecuadas para aprehender y responder a lo que se nos viene.

Las nuevas generaciones de formuladores y ejecutores de políticas de ciencia, tecnología e innovación deberán cuestionar los hábitos de pensamiento convencionales, renovar conceptos e ideas, y evolucionar hacia nuevas prácticas en las políticas públicas, la gestión empresarial y en la conducción de organizaciones de la sociedad civil, privilegiando la consolidación de capacidades endógenas en ciencia, tecnología e innovación. Deberán también adoptar nuevos estilos de liderazgo, más abiertos, participativos, transparentes, potenciadores y democráticos. Espero que este libro les sea de ayuda en la difícil tarea que tienen por delante, y les recuerdo la convocatoria de mi maestro y amigo Eric Trist:

[...] necesitamos personas flexibles, ingeniosas y resistentes, que pueden tolerar grandes sorpresas y ambigüedades emocionalmente, mientras continúan trabajando intelectualmente en asuntos complejos. (*We need flexible, resourceful resilient people, who can tolerate a lot of surprise and ambiguity emotionally, while continuing to work on complex issues intellectually*).

## BIBLIOGRAFÍA

- Abeledo, Carlos (1998). "Análisis del financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo para ciencia y tecnología", Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), en: <http://www.oei.es/cursosctsi/uruguay/Bid.pdf>.
- Ackoff, Russell (1968). "Operational research in national science policy", en De Reuck, Anthony, A. M. Goldsmith y J. Knight (compiladores), *Decision making in national science policy*, Londres, J. & A. Churchill.
- Adler, Emanuel (1986). "Ideological 'guerrillas' and the quest for technological autonomy: Brazil's domestic computer industry", *International Organization*, vol. 40, núm. 3, verano, pp. 673-705.
- Adler, Emanuel (1987). *The power of ideology: the quest for technological autonomy in Argentina and Brazil*, Londres, University of California Press.
- Albornoz, Mario (2007). "Fortalecimiento de un sistema de información científica y tecnológica sobre la base de la RICYT", Buenos Aires, Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior (REDES).
- Alcorta, Ludovico (1995). *New Technologies, Scale and Scope, and Location of Production in Developing Countries*, The Netherlands, The United Nations University- Institute for New Technologies.
- Alcorta, Ludovico y Wilson Peres (1996). *Sistemas de innovación y especialización tecnológica en América Latina y el Caribe*, Serie Desarrollo Productivo, núm. 33, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Alonso, Marcelo (1978). "Ciencia, desarrollo y sociedad", en Amengual, Ataliva y Jaime Lavados (compiladores), *El rol de la ciencia en el desarrollo*, Santiago de Chile, Corporación de Promoción Universitaria (CPU).
- Altenburg, Tilman y Jorge Meyer-Stamer (1998). "How to promote clusters: policy experiences from Latin America", Berlín, German Development Institute – Institute for Development and Peace, University of Duisburg.
- Alvares, Claude (1979). *Homo Faber: technology and culture in India, China and the West 1500 to the present day*, Nueva Delhi, Allied Publishers Private Limited.

Amadeo, Eduardo (1975). "La dependencia económica y su relación con la dependencia tecnológica", en Suárez, Francisco, Héctor Ciapusio y otros, *Autonomía nacional o dependencia: la política científico-tecnológica*, Buenos Aires, Editorial Paidós.

Amadeo, Eduardo (1979). "National science and technology councils in Latin America: achievements and failures of the first ten years", en Thomas, D. Babatunde y Miguel Wionczek (compiladores), *Integration of science and technology with development / Caribbean and Latin American problems in the context of the United Nations Conference on Science and Technology for Development*, Nueva York, Pergamon Press.

Amaya, Pedro José y Juan Francisco Miranda (1990). "Los proyectos BID de ciencia y tecnología en América Latina", en Mario Waissbluth (coordinador general), *Administración de proyectos de investigación*, Santiago de Chile, Centro Interuniversitario de Desarrollo.

Anlló, Guillermo y Fernando Peirano (2005). "Una mirada a los sistemas nacionales de innovación en el MERCOSUR: análisis y reflexiones a partir de los casos de Argentina y Uruguay", Serie Estudios y Perspectivas, núm. 22, Buenos Aires, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Antonorsi-Blanco, Marcel e Ignacio Ávalos (1980). *La planificación ilusoria: ensayo sobre la experiencia de planificación de la ciencia y la tecnología en Venezuela*, Caracas, CENDES / Editorial Ateneo.

Aráoz, Alberto (1974). "An approach to science and technology policy and planning", mimeo, St. Augustine, Trinidad, University of the West Indies.

Aráoz, Alberto (1980a). *Science and technology for development: STPI module 4: the present situation of science and technology in the STPI countries*, Ottawa: International Development Research Centre.

Aráoz, Alberto (1980b). *Science and technology for development: STPI module 5: policy instruments to build up an infrastructure for the generation of technology*, Ottawa: International Development Research Centre.

Aráoz, Alberto (compilador) (1981). *Consulting and engineering design in developing countries*, Ottawa, International Development Research Centre (IDRC).

Aráoz, Alberto y Carlos Martínez Vidal (1974). *Ciencia e industria: un caso argentino*, Washington DC, Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Aráoz, Alberto y Mario Kamenetzky (1975). "Proyectos de inversión en ciencia y tecnología. Criterios para su formulación y evaluación en países en desarrollo", en Jorge Sábato (compilador), *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Buenos Aires, Editorial Paidós.

Arnao de Uzcátegui, Dulce y otros (1973). *Diagnóstico de la actividad de investigación y desarrollo experimental que se realiza en el país*, Caracas, Editorial Sucre.

Arocena, Rodrigo (1993). "Acerca de la prospectiva (desde algunos países de América Latina)", en Martínez, Eduardo (compilador), *Estrategias, planificación y gestión de ciencia y tecnología*, Caracas, Editorial Nueva Sociedad, 1993.

Arocena, Rodrigo y Judith Sutz (2000). "Interactive learning spaces and development policies in Latin America", Danish Research Unit for Industrial Dynamics (DRUID).

Ashford, N. (1976). "National support for science and technology: an examination of foreign experience", Boston, Center for Policy Alternatives, Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Aubert, J. E. (1989). "Evaluation of scientific and technological programmes and policies: a selection of current experiences in OECD countries", *OECD Science, Technology, Industry Review*, núm. 6, pp. 147-177.

Bacon, Francis (1985). *The Essays*, Londres, Penguin Books.

Banco Interamericano de Desarrollo – BID (1979). *El Banco Interamericano de Desarrollo y la ciencia y la tecnología en América Latina*, Washington DC, BID.

Banco Interamericano de Desarrollo, (1998). *Science and Technology Program Evaluation*, Documento RE-227-2, Washington DC, BID.

Banco Interamericano de Desarrollo – BID (2009a). Iniciativa sobre Energía Sostenible y Cambio Climático (SECCI – BID). "Principios rectores y requisitos de elegibilidad para obtener fondos del SECCI", Washington DC, SECCI – BID, en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=1222446>.

Banco Interamericano de Desarrollo – BID (2009b). *Informe anual 2009*, Washington DC, BID.

Banco Interamericano de Desarrollo – BID (2010a). "La era de la productividad", en *Ideas para el desarrollo en las Américas – IDEA*, Washington DC, Departamento de Investigación, BID.

Banco Interamericano de Desarrollo – BID (2010b). *The imperative of innovation: creating prosperity in Latin America and the Caribbean*, document prepared for the EU-LAC Summit of Heads of State and Government, Madrid 2010, Washington DC, BID.

Banco Interamericano de Desarrollo – BID (2010c). *Science, Technology, and Innovation in Latin America and the Caribbean: A Statistical Compendium of Indicators*, Washington DC, BID.

Banco Mundial (1999). *El conocimiento al servicio del desarrollo: informe sobre el desarrollo mundial 1998-1999*, Washington DC, Banco Mundial.

Banco Mundial (2010a). *World development report 2010: development and climate change*, Washington DC, Banco Mundial.

Banco Mundial (2010b). *Innovation policy: a guide for developing countries*, Washington DC, Banco Mundial.

Baranson, Jack (1979). “Negotiating with MNCs for technology-sharing agreements”, Simposio sobre Ciencia y Tecnología en la Planificación del Desarrollo, Comité Asesor de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas, México DF.

Barel, Yves (1970). *Essai de formalisation de la politique scientifique-étude critique*, Grenoble, Institut de Recherche Économique et de Planification, Université de Sciences Sociales de Grenoble.

Barel, Yves (1971). *Analyse des systemes et politique scientifique*, Grenoble, Institut de Recherche Économique et de Planification, Université de Sciences Sociales de Grenoble.

Barrio, Sergio (1980). *Science and technology for development: STPI module 7: policy instruments to define the pattern of demand for technology*, Ottawa: International Development Research Centre.

Barrio, Sergio, KunMo Chung y Anthony Tillet (1980). *Science and technology for development: STPI module 9: policy instruments for the support of industrial science and technology activities*, Ottawa: International Development Research Centre.

Barkin, David (2005). “Incorporating indigenous epistemologies into the construction of alternative strategies to globalization to promote sustainable regional resource management: the struggle for local autonomy in a multiethnic society”, Workshop on “Ethics and Development: The Capability Approach in Practice”, Ann Arbor, Michigan State University.

Barreiro, Adriana y Amílcar Davyt (1999). *Cincuenta años de la Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (ORCYT / UNESCO): un análisis histórico de la cooperación en la región*, Montevideo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología, UNESCO.

Basalla, George (1967). “The spread of Western science”, *Science*, vol. 156, pp. 611-622.

Bastos, María Inés (1992). “State policies and private interests: the struggle over informatics technology policy in Brazil”, en Schmitz, Hubert y José Cassiolato (compiladores), *Hi-Tech for industrial development: lessons from the Brazilian experience in electronics and automation*, Londres, Routledge.

Bastos, María Inés (1994). *Winning the battle to lose the war: Brazilian electronics policy under US Threat of Sanctions*, Ilford, UK, Frank Cass.

Bastos, María Inés (1995). “State autonomy and capacity for S & T policy design and implementation in Brazil”, en Bastos, María Inés y Charles Cooper (compiladores), *Politics of technology in Latin America*, Londres, Routledge.

Bastos, María Inés y Charles Cooper (compiladores) (1995). *Politics of technology in Latin America*, Nueva York, UNU Press.

Baxter, James P. (1968). *Scientists against time*, Cambridge, Mass., The MIT Press.

Beck, Ulrich (1998). *La sociedad del riesgo*, Barcelona, Paidós.

Behrman, Jack y Harvey Wallender (1976). *Transfers of manufacturing technology within multinational enterprises*, Cambridge, Mass., Ballinger Publishing Company.

Beinstein, Jorge (1993). “Técnicas de prospectiva científica y tecnológica”, en Martínez, Eduardo (compilador), *Estrategias, planificación y gestión de ciencia y tecnología*, Caracas, Editorial Nueva Sociedad.

Bell, Bob W. Jr., y Calestous Juma (2007). “Technology prospecting: lessons from the early history of the Chile Foundation”, *International Journal of Technology and Globalization*, vol. 3, núms. 2 y 3, pp. 296-314.

Benavente, José Miguel, Gustavo Crespi y Alessandro Maffioli (2007). “The impact of national research funds: an evaluation of the Chilean FONDECYT”, Working Papers, núm. 307, Office of Evaluation and Oversight, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

- Bernal, J. D. (1967). *The social function of science*, Boston, The MIT Press.
- Bezanson, Keith y Francisco Sagasti (2005). "Prospects for development thinking and practice: a report to The Rockefeller Foundation", Documento de Trabajo, Lima, FORO Nacional / Internacional – Agenda: PERÚ.
- Bhalla, Agit (1996). "Selección de tecnologías y desarrollo", en Salomon, Jean-Jacques, Francisco Sagasti y Céline Sachs-Jeantet, *La búsqueda incierta: ciencia, tecnología y desarrollo*, Serie de Lecturas, núm. 82, pp. 462-497, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).
- Bhalla, Agit, D. James e Y. Stevens (compiladores) (1984). *Blending of new and traditional technologies*, Dublin, Tycool International Publishing.
- Bhalla, Agit y Dilmus James (compiladores) (1988). *New technologies and development*, Boulder / Londres, Lynne Rienner Publishers.
- Boon, Gerard K. (1981). *Technology transfer in fibres, textile and apparel*, Amsterdam, Sijhoff and Noordhoff.
- Bound, Kirsten (2008). *Brazil: the natural knowledge economy*, Londres, Demos, en: [www.creativecommons.org](http://www.creativecommons.org).
- Bradford, Colin (1988). *The NICs in the world economy: toward an open world economy in the mid-1990s*, Washington DC, Strategic Planning Division, Banco Mundial.
- Brazil Institute Special Report (2008). "International strategies for innovation: a study of seven countries and Brazil", Washington DC, Woodrow Wilson Center for International Scholars.
- Brooks, Harvey (1994). "Technology assessment", en Salomon, Jean-Jacques, Francisco Sagasti y Céline Sachs-Jeantet, *The uncertain quest: science, technology and development*, Tokio, United Nations University Press.
- Brunner, José Joaquín (1985). *Universidad y sociedad en América Latina: un esquema de interpretación*, Caracas, Centro Regional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (CRESALC)-UNESCO.
- Brunner, José Joaquín (1990). "Educación superior, investigación científica y transformaciones culturales en América Latina", en Waissbluth, Mario (coordinador)

- (1990b). *Vinculación Universidad Sector Productivo*, Colección Ciencia y Tecnología No 24, Programa BID-SECAB-CINDA, Santiago, CINDA.
- Brunner, José Joaquín (2010). "Educación y Conocimiento: las dos agendas y sus desafíos" en Sección Ponencias Seminario Agenda de Desarrollo Iberoamericana – ADI 2010, en: [http://www.cidob.org/es/actividades/desarrollo/seminario\\_adi\\_2010\\_educacion\\_para\\_el\\_desarrollo\\_en\\_america\\_latina](http://www.cidob.org/es/actividades/desarrollo/seminario_adi_2010_educacion_para_el_desarrollo_en_america_latina)
- Buarque, Cristovam (1983). *Tecnología apropiada: una política para la banca de desarrollo de América Latina*, Lima, Asociación Latinoamericana de Instituciones Financieras para el Desarrollo (ALIDE).
- Bunge, Mario (1975). "Filosofía de la investigación científica en los países en desarrollo", en Jorge Sábató (compilador), *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Buenos Aires, Editorial Paidós.
- Bunge, Mario (1980). *Ciencia y Desarrollo*, Buenos Aires, Ediciones Siglo Veinte.
- Bunge, Mario (1997). *Ciencia, Técnica y Desarrollo*, Buenos Aires, Editorial Sudamericana.
- Bush, Vannevar (1945). *Science: the endless frontier*, Washington DC, US Government Printing Office.
- Caldwell, L. (1974). "The applicability of systems approaches and technology assessment aids to decision makers", Ginebra, United Nations Advisory Committee on Science and Technology.
- Cardettini, Onelia, (1980). *Science and technology for development: STPI module 2: the evolution of industry in STPI countries*, Ottawa: International Development Research Centre.
- Cardón, R. L. (1968). "Science policy making in Latin America, with special reference to Argentina", en De Reuck, Anthony, Maurice Goldsmith y Julie Knight (compiladores), *Decision making in national science Policy*, Londres, J. & A. Churchill.
- Chaparro, Fernando (1971). *Inventario del potencial científico-tecnológico de la República Dominicana*, Washington DC, Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA).
- Chudnovsky, Daniel, Andrés López, Martín Rossi y Diego Ubfal (2006). "Evaluating a program of public funding of private innovation activities: an econometric study of FONTAR in Argentina", Office of Evaluation and Oversight (OVE),

Working Papers, núm. 1606, Washington DC, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Chudnovsky, Daniel, Andrés López, Martín A. Rossi y Diego Ubfal (2008). "Money for science? The impact of research: grants on academic output", *Fiscal Studies*, vol. 29, núm. 1, pp. 75-87, Institute for Fiscal Studies.

Ciapuscio, Héctor (1975). "Universidad e investigación científica", en Suárez, Francisco, Héctor Ciapuscio y otros, *Autonomía nacional o dependencia: la política científico-tecnológica*, Buenos Aires, Editorial Paidós.

Ciapuscio, Héctor (1985). "La carrera del investigador en CONICET", en Faal, Javier López y Alider Cragnolini, *Materiales del Seminario Iberoamericano de Política Científica*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España.

Cimoli, Mario, João Carlos Ferraz y Annalisa Primi (2005). "Science and technology policies in open economies: the case of Latin America and the Caribbean", Serie Desarrollo Productivo, núm. 165, octubre, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Cimoli, Mario y otros (2007). *Progreso técnico y cambio estructural en América Latina*, Programa CEPAL / IDRC, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Colby, Michael (1991). "La administración ambiental en el desarrollo: evolución de los paradigmas", *El Trimestre Económico*, vol. LVIII, núm. 231, pp. 589-615.

Collier, Paul y Benedikt Goderis (2007). "Commodity prices, growth and the natural resource curse: reconciling a conundrum", Working Paper, CSAE WPS&2007-15, Oxford, Center for the Study of African Economies, Department of Economics, University of Oxford.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL (1977). *Problemas de la industrialización en América Latina*, Cuadernos de la CEPAL, Santiago de Chile, CEPAL.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL (1990). *Transformación productiva con equidad: la tarea prioritaria del desarrollo de América Latina y el Caribe en los años noventa*, Santiago de Chile, CEPAL.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL (2002). *Globalización y desarrollo*, Santiago de Chile, CEPAL.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL (2003). "Ciencia y tecnología para el desarrollo sostenible", Santiago de Chile, CEPAL.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL (2005). "Políticas de ciencia y tecnología en economías abiertas: el caso de América Latina y el Caribe", Serie Desarrollo Productivo, núm. 165, Santiago de Chile, CEPAL.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL (2008a). "Anuario estadístico de América Latina y el Caribe", División de Estadísticas y Proyecciones Económicas, CEPAL.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL (2008b). "La sociedad de la información en América Latina y el Caribe: desarrollo de las tecnologías y tecnologías para el desarrollo", Santiago de Chile, CEPAL.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL (2008c). *La transformación productiva, 20 años después: viejos problemas, nuevas oportunidades*, Santiago de Chile, CEPAL.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL / Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO (1992). *Educación y conocimiento: eje de la transformación productiva con equidad*, Santiago de Chile, CEPAL.

Comisión Preparatoria para la Creación de un Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en Venezuela (1965), *La ciencia: base de nuestro progreso*, Caracas, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo – UNCTAD (1975). "Código internacional de conducta sobre transferencia de tecnología", UN Doc. TD / BC.6 / AC. 1 / 2 / Supp. 1 / Rev. 1.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo – UNCTAD (2008). *Creative economy report 2008 - The challenge of assessing the creative economy: towards informed policy-making*, Ginebra, UNCTAD.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo – UNCTAD (2010). *Examen de las políticas de ciencia, tecnología e innovación: Perú*, Ginebra, Santiago de Chile, UNCTAD / CEPAL.

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (1978). *Anais do Seminário Internacional de Estudos sobre Política Científica*, Rio de Janeiro, CNPq.

Contreras, Carlos (1979). *Transferencia de tecnología a países en desarrollo*, Caracas, Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales (ILDIS).

Convenio Federación Latinoamericana de Asociaciones de Consultores (FELAC) – Instituto para la Integración de América Latina (INTAL) (1984). *La consultoría en los países de la ALADI*, Buenos Aires, Banco Interamericano de Desarrollo (BID) – INTAL.

Cooper, Charles y Francisco Sercovich (1971). "The channels and mechanisms for the trade of technology from developed to developing countries", Ginebra, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), doc. núm. TD / A / AC. 11 / 5.

Cooper, Charles (1973). *Science, Technology and Development*, Londres, Frank Cass & Co.

Cooper, Charles (1991). *Are innovation Studies on industrialized economies relevant to technology policy in developing countries?*, The Netherlands, The United Nations University- Institute for New Technologies.

*Cooperation South* (2000). Número especial "Designing the future: South-South cooperation in science and technology", Nueva York, United Nations Development Programme, núm. 1.

Cordua, Joaquín (1976). "La participación de las universidades en la transferencia de tecnología", en Orrego Vicuña, Francisco (compilador), *Ciencia y tecnología en la cuenca del Pacífico*, Santiago de Chile, Centro de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile.

Cori, Osvaldo (compilador) (1975). *Las ciencias naturales en Chile: visión crítica y perspectivas*, Santiago de Chile, Corporación de Promoción Universitaria (CPU).

Corporación Andina de Fomento – CAF (2004). *Reflexiones para retomar el crecimiento – Reporte de economía y desarrollo 2004*, Caracas, CAF.

Corporación de Promoción Universitaria – CPU (1977). *El sistema de desarrollo científico tecnológico en la subregión andina*, Santiago de Chile, CPU.

Correa, Carlos (1989). *Tecnología y desarrollo de la informática en el contexto Norte-Sur*, Buenos Aires, Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA).

Credé, Andreas y Robin Mansell (1998). *Las sociedades del conocimiento en síntesis*, Ottawa, International Development Research Centre (IDRC).

Crespi, Gustavo (2010). "Nota técnica sobre el sistema nacional de innovación de Costa Rica", Washington DC, Banco Interamericano de Desarrollo.

Crespi, Gustavo y Fernando Peirano (2007). "Measuring Innovation in Latin America: What we did, were we are and what we want to do", paper prepared to the Conference on Micro Evidence on Innovation in Developing Countries, UNU-MERIT, Maastrich, The Netherlands.

Crespi, Gustavo y José Miguel Benavente (2003). "The impact of an associative strategy (the PROFO Program) on small and medium enterprises in Chile", SPRU Electronic Working Paper Series, núm. 88, Science Policy Research Unit (SPRU), University of Sussex.

Dagnino, Renato, H. Thomas y Al Davyt (1996). "El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en América Latina: una interpretación política de su trayectoria", *Redes* Buenos Aires, vol. 3, núm. 6.

Dahlman, Carl (1990). "National systems supporting technical advance in industry: the Brazilian experience", Industry and Energy Department Working Paper, Industry Series, núm. 32, Washington DC, Banco Mundial.

Dahlman, Carl (1994). "The third industrial revolution: trends and implications for developing countries", ponencia presentada en la Reunión del Foro Nacional Internacional sobre el Nuevo Orden Internacional, Río de Janeiro, 13-14 de abril de 1994.

Daly, Herman E. (1993). "Sustainable growth: an impossibility theorem", en Daly, Herman E. y Kenneth N. Townsend (compiladores), *Valuing the earth: economics, ecology, ethics*, Cambridge, Mass., The MIT Press.

DaSilva, E. J., C. Ratledge y A. Sasson (1992). *Biotechnology economic and social aspects: issues for developing countries*, Cambridge / París, Cambridge University Press / Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

Daude, Cristian y Eduardo Fernández-Arias (2010). "On the role of productivity and factor accumulation in economic development in Latin America", Working Papers Series, núm. IDB-WP-155, Washington DC, Banco Interamericano de Desarrollo (BID). De Almeida Biato, Francisco, Eduardo Augusto A. Guimaraes y María Helena Poppe de Figueredo (1973). *A transferencia de tecnologia no Brasil*, Brasilia, Instituto de Planejamento Econômico e Social (IPEA).

- De Brito Cruz, Carlos Henrique (2010). "University – Industry relations in Iberoamerican countries" en Sección Ponencias Seminario Agenda de Desarrollo Iberoamericana – ADI 2010, en: [http://www.cidob.org/es/actividades/desarrollo/seminario\\_adi\\_2010\\_educacion\\_para\\_el\\_desarrollo\\_en\\_america\\_latina](http://www.cidob.org/es/actividades/desarrollo/seminario_adi_2010_educacion_para_el_desarrollo_en_america_latina)
- De Moura Castro, Claudio y otros (1998). "Science and technology for development: a strategy paper", Washington DC, Education Unit, Sustainable Development Department, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- De Moura Castro, Claudio, Laurence Wolff y John Alic (2000). *La ciencia y la tecnología para el desarrollo: una estrategia del BID*, Washington DC, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Del Valle Rivera, María del Carmen (coordinadora) (2010). *El pensamiento latinoamericano sobre el cambio tecnológico para el desarrollo* [CD-ROM], México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible a través de la página web [www.pensalati-tec.iiec.mx](http://www.pensalati-tec.iiec.mx).
- Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos – OEA (1964). "Primera Reunión Interamericana de Ciencia y Tecnología", Washington DC, OEA.
- Dobrov, G. (1978). "Management of innovations", Laxenburg, International Institute of Applied Systems Analysis (IIASA).
- Doryan Garrón, Eduardo (1992). *Economía y reconversión industrial. Conceptos, políticas y casos*, Quito, Instituto Centroamericano de Administración de Empresas (INCAE).
- Dowbor, Ladislau (2009). "De la propiedad intelectual a la economía del conocimiento", en: <http://dowbor.org/artigos.asp>.
- Drucker, Peter (1993). *Post capitalist society*, Nueva York, Harper Collins Publishers.
- Drucker, Peter (1994). "The age of social transformation", *The Atlantic Monthly*, noviembre, pp. 53-80.
- Eckaus, Richard (1976). *Appropriate technologies for developing countries*, Washington DC, National Academy of Sciences.

- Emiliozzi, Sergio, Guillermo Lemarchand y Ariel Gordon (2009). *Inventario de instrumentos y modelos de políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe*, Washington DC / Buenos Aires, Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior (REDES) / Banco Interamericano de Desarrollo (BID) / Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología (RICYT).
- Erber, Fabio (1984). "A política tecnológica da segunda metade dos anos oitenta", Documento de Trabajo, núm. 66, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).
- Erber, Fabio (1995). "The political economy of technology development: the case of the Brazilian informatics policy", en Bastos, María Inés y Charles Cooper, *Politics of technology in Latin America*, Londres, Routledge.
- Ernst, Dieter y David O' Connor (1989). *Technology and global competition: the challenge for newly industrializing economies*, París, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE).
- Ernst, Dieter y David O' Connor (1991). *Managing technological change in less-advanced developing countries*, París, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE).
- Fagerbert, Jan (2002). "A layman's guide to evolutionary economics", Centre for Technology, Innovation and Culture, TIK Working Paper, núm. 17, Oslo, University of Oslo.
- Fajnzylber, Fernando (1990a). "Progreso técnico, competitividad y cambio institucional", documento de trabajo, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Fajnzylber, Fernando (1990b). "Sobre la impostergable transformación productiva de América Latina", *Pensamiento Iberoamericano*, núm. 16, pp. 85-129.
- Fajnzylber, Fernando (1991). "Latin American development: from the 'black box' to the 'empty box'", documento presentado en el simposio Economic Growth and Social Capability del Korean Development Institute (KDI), Seúl, 1-3 de julio.
- Fals Borda, Orlando (1971). *Ciencia propia y colonialismo intelectual*, Bogotá, Editorial Nuevo Tiempo.
- Fanelli, José, Roberto Frenkel y Guillermo Rozenwurcel (1992). "Crecimiento y reforma estructural en América Latina", en Frenkel, Roberto y otros, *Crítica al Consenso*

de Washington, Documento de Trabajo, núm. 1, Lima, Grupo de Trabajo sobre Deuda Externa y Desarrollo (FONDAD).

Farcas, Alan (2002). "Análisis conceptual de elementos de política de innovación, experiencia en América Latina: lecciones aprendidas y recomendaciones para el diseño de políticas", documento inédito, Santiago de Chile.

Ferrer, Aldo (1989). "Estructuras de la producción y tecnología: la experiencia latinoamericana y problemas actuales", documento de trabajo inédito, Buenos Aires.

Ffrench-Davis, Ricardo (1990). "Ventajas comparativas dinámicas: un enfoque neoestructuralista", en Ffrench-Davis, Ricardo, Morris Teubal y Jaime Ros, *Elementos para el diseño de políticas industriales y tecnológicas en América Latina*, Santiago de Chile, Cuadernos de la CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Ffrench-Davis, Ricardo (1996). "Transformación productiva con equidad: algunos elementos de la propuesta actual de la CEPAL", transcripción de la conferencia pronunciada en el Seminario Internacional Los Nuevos Desafíos de la Economía Latinoamericana, Quito, Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales (ILDIS).

Ffrench-Davis, Ricardo, Morris Teubal y Jaime Ros (1990). *Elementos para el diseño de políticas industriales y tecnológicas en América Latina*, Santiago de Chile, Cuadernos de la CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Flit, Isaías, Gustavo Flores y Francisco Sagasti (1976). "A structure for industrial technology policy in Peru: the development of ITINTEC", *Journal of the International Division of the American Society for Engineering Education*, vol. 5, núm. 1, enero-marzo, pp. 4-19.

Flores, Asdrúbal (1987). "¿Cuántos lados tiene el triángulo de Jorge Sábato?", en Cragolinini, Alider (compilador), *Cuestiones de política científica y tecnológica*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España.

Flores Guevara, Gustavo (1975). "Metodología de análisis de instrumentos de políticas tecnológicas implícitas", Lima, Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y Normas Técnicas (ITINTEC).

Forni, Floreal H. y Raúl H. Bisio (1975). "La relación ciencia-tecnología-producción. Algunos modelos de política tecnológica", en Francisco Suárez, Héctor Ciapuscio y otros, *Autonomía nacional o dependencia: la política científico-tecnológica*, Buenos Aires, Editorial Paidós.

Fourastié, Jean (1954). *Productividad, la gran esperanza del siglo XX*, Madrid, Editorial Aguilar.

Fransman, Martin (1991). *Biotechnology: generation, diffusion and policy: an interpretive survey*, Maastrich, UNU / INTECH Working Paper, núm. 1.

Frazer, James (1964). *The new golden bough*, Nueva York, Mentor Books.

Freeman, Christopher (1987). *Technology and economic performance: lessons from Japan*, Londres, Frances Pinter.

Freeman, Christopher (1991). "Innovation, changes of techno-economic paradigm and biological analogies in economics", *Revue Économique*, vol. 42, pp. 211-232.

Freeman, Christopher (1995). "The national system of innovation in historical perspective", *Cambridge Journal of Economics*, núm. 19, pp. 5-24.

Freeman, Christopher, J. Clark y Luc Soete (1982). *Unemployment and technical innovation: a study of long waves and economic development*, Londres, Frances Pinter.

Freites, Yajaira (1999). "Los estudios sociales de ciencia y tecnología en Venezuela: una visión panorámica de sus tendencias y logros (1976-1996)", *Acta Científica Venezolana*, vol. 50, pp. 122-131.

Furtado, Celso (1970). *Latin American economic development*, Cambridge, Cambridge University Press.

Furtado, Celso (1979a). *Creatividad y dependencia*, México DF, Siglo XXI Editores.

Furtado, Celso (1979b). *Obstacles to development in Latin America*, Nueva York, Anchor Books.

Furtado, Celso (1984). "Creatividad cultural y desarrollo dependiente", en González Casanova, Pablo (compilador), *Cultura y creación intelectual en América Latina*, México DF, Siglo XXI Editores.

Furtado, Celso (1999). *El capitalismo global*, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Furtado, Celso (2003). *En busca de un nuevo modelo: reflexiones sobre la crisis contemporánea*, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Gallopín, Gilberto G. (2005). "Ciencia y tecnología para el desarrollo sostenible: una perspectiva latinoamericana y caribeña", Santiago de Chile, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Gamba, Juan Carlos (1982). "La acción del Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico (PRDCYT) en el área de política y planificación científica y tecnológica", Washington DC, Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Gantchev, Dimiter (2006). "Measuring creativity: an intellectual property perspective", presentación en el Asian Culture Cooperation Forum: Session on Measuring Creativity, Happiness and Well-Being, Hong Kong, SAR.

García Bacca, Juan (1981). *Ciencia, técnica, historia y filosofía en la atmósfera cultural de nuestro tiempo*, Caracas, Ediciones de la Biblioteca, Universidad Central de Venezuela.

García Capote, Emilio (1985). "Fijación de prioridades: algunas experiencias sobre planificación y dirección de la ciencia y la técnica en Cuba", en López Facal, Javier y Alider Cragoliní (compiladores), *Materiales del Seminario Iberoamericano de Política Científica*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España.

García Gallo, Gaspar (1968). *La formación de científicos y técnicos en América Latina*, Caracas, Universidad Central de Venezuela.

Gasparini, Olga (1969). *La investigación en Venezuela: condiciones de su desarrollo*. Caracas, Publicaciones del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

Gault, Fred (2010), *Innovation Strategies for a Global Economy*. Cheltenham, UK, Edward Elgar.

Girvan, Norman (1979). "Every case a special case?", *Mazingira*, núm. 8, 1979.

Girvan, Norman (1983). *Technology policies for small developing economies: a study of the Caribbean*, ISER / UWI.

Gligo, Nicolo (2006). "Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina, un cuarto de siglo después", Santiago de Chile, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, Comisión Económica para América Latina (CEPAL).

Golden, William T. (1995). *Impacts of the early Cold War on the formulation of US science policy (selected memoranda, october 1950-april 1951)*, Washington DC, American Association for the Advancement of Science.

Gómez, Diego (2009). "Las dinámicas de la innovación y los efectos en las transformaciones sociales y económicas", tesis doctoral en ingeniería de sistemas, Medellín, Facultad de Minas, Universidad Nacional.

González-Brambila, Claudia, José Lever y Francisco Veloso (2007). "Mexico's innovation Cha-cha", *Issues in Science and Technology Online*, otoño, en: <http://www.issues.org/24.1/gonzalez-brambila.html>.

Goulet, Denis (1977). *The uncertain promise: value conflicts in technology transfer*, Nueva York, IDOC / Overseas Development Council.

Grupo de Trabajo sobre Desarrollo Tecnológico (1977). "Informe sobre medidas de regulación de la transferencia de tecnología e instrumentos para la utilización de la capacidad tecnológica existente", Washington DC, Organización de Estados Americanos (OEA), doc. OEA / Ser.T / I, TECH / doc.

Gu, Shulin (1996). *Toward an Analytic Framework for National Innovation Systems*, The Netherlands, The United Nations University- Institute for New Technologies

Guimarães, Tadeu (1994). "O papel dos BD's no desenvolvimento tecnológico", en Sbragia, Roberto, Jacques Marcovitch y Eduardo Vasconcellos (compiladores), *Gestão da inovação tecnológica: anais do XVIII Simpósio da Gestão da Inovação Tecnológica*, Sao Paulo, FEA / USP.

Hall, Bronwyn H. y Alessandro Maffioli (2008). "Evaluating the impact of technology development funds in emerging economies: evidence from Latin America", Office of Evaluation and Oversight, Working Paper: OVE / WP-01 / 08, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Halty, Máximo (1966). "Política y planificación científica y tecnológica", Washington DC, Unidad de Desarrollo Tecnológico, Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Halty, Máximo (1972). *Producción, transferencia y adaptación de tecnología industrial*, Washington DC, Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Halty, Máximo (1979). *Technological development strategies for developing countries: a review for policy makers*, Montreal, Institute for Research on Public Policy.

Halty, Máximo (1986). *Estrategias de desarrollo tecnológico para países en desarrollo*, México DF, El Colegio de México.

Harriague, Santiago (2010). "¿Tendría Amílcar Herrera algo para decirnos en la actualidad?", ponencia presentada en la VIII Jornada Latinoamericana de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESOCITE) – 2010, Buenos Aires.

Harvati, Katerina (2009). "Extinction and the evolution of mankind", en Brockman, Max (compilador), *What's next: dispatches on the future of science*, Nueva York, Vintage Books.

Harvey, Mose L., Leon Goure y Vladimir Prokofieff (1972). *Science and technology as an instrument of soviet policy*, Miami, Center for Advanced International Studies, University of Miami.

Havelock, R. (1970). *Planning for innovation through dissemination and utilization of knowledge*, Ann Arbor, Michigan, Institute for Social Research, University of Michigan.

Herrera, Amílcar (1970). *América Latina: ciencia y tecnología en el desarrollo de la sociedad*, Santiago de Chile, Editorial Universitaria.

Herrera, Amílcar (1971). *Ciencia y política en América Latina*, México DF, Siglo XXI Editores.

Herrera, Amílcar (1973). "Social determinants of science policy in Latin America: explicit science policy and implicit science policy", en Cooper, Charles (compilador), *Science, technology and development: the political economy determinants of technical advance in underdeveloped economies*, Londres, Frank Cass.

Herrera, Amílcar (1974). "La creación tecnológica como expresión cultural", en Stanzick, Karl-Heinz y Peter Schenkel (compiladores), *Ensayos sobre política tecnológica en América Latina*, Quito, Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales (ILDIS).

Herrera, Amílcar (1981). *La larga jornada: la crisis nuclear y el destino biológico del hombre*, Mexico DF, Editorial Siglo XXI.

Herrera, Amílcar (1987a). "Prospectiva y situación actual de la ciencia y la tecnología en Cuba: bases para la colaboración en el marco iberoamericano", en Cragnolini,

Alider (compilador), *Cuestiones de política científica y tecnológica*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España.

Herrera, Amílcar (1987b). "El nuevo paradigma tecnológico y América Latina: problemas y opciones". Ponencia en el segundo Seminario Jorge Sábato sobre Política Científica y Tecnológica, Madrid.

Herstad, Sverre, J. Carter Bloch, Bernd Ebersberger y Els van de Velde (2008). *Open innovation and globalisation: theory, evidence and implications*, Program Vision Era-Net, en: [http://www.aksjonsprogrammet.no/vedlegg/openING\\_report\\_final.pdf](http://www.aksjonsprogrammet.no/vedlegg/openING_report_final.pdf).

Hetman, F. (1979). "Planning-prospective analysis and science and technology policy", México DF, UN / Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Hobsbawm, Eric (1994). *The age of extremes: a history of the world 1914-1991*, Nueva York, Pantheon Books.

Hodara, Joseph (1969). *Científicos vs. políticos*, México DF, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México.

Hodara, Joseph (1979). "Science and technology in Latin America: against a holistic approach", en Thomas, B. y M. Wionczek (compiladores), *Integration of science and technology with development: Caribbean and Latin American problems in the context of the United Nations Conference on Science and Technology for Development*, Nueva York, Pergamon Press.

Homer-Dixon, Thomas (2001). *The ingenuity gap: can we solve the problems of the future?*, Toronto, Vintage Canada.

Homer-Dixon, Thomas (2008). *The upside of down: catastrophe, creativity and the renewal of civilization*, Washington DC, Island Press.

Ísmodes, Eduardo (2006). *Países sin futuro: ¿qué puede hacer la universidad?*, Lima, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Jaguaribe, Anna María (2004). "Creative industries: parameters for public policy", documento de trabajo preparado para el taller Emprendedurismo e Industrias Creativas organizado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD).

Jaguaribe, Anna María (2007). "CAF issue notes on regional cooperation prospects in the sector of innovation for production", documento de trabajo para el seminario

Cooperación Regional: En Búsqueda de Consensos – Iniciativa CAF – CEPAL, Corporación Andina de Fomento (CAF) y Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Lima, 28-31 de mayo del 2007.

Jaguaribe, Helio (1971). "Ciencia y tecnología en el cuadro sociopolítico de América Latina", *El Trimestre Económico*, vol. XXXVIII, núm. 150, pp. 389-432.

Jaguaribe, Helio (1975). "Por que no se ha desarrollado la ciencia en América Latina", en Jorge Sábato (compilador), *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Buenos Aires, Editorial Paidós.

Jaguaribe, Helio (2006). *O posto do homem do cosmo*, Brasilia, Paz e Terra.

James, Martin (2006). *The meaning of the 21st century: a vital blueprint for ensuring our future*, Londres, Transworld Publishers / Eden Project Books.

James, Jeffrey (compilador) (1989). *Technological behaviour of public enterprises in developing countries*, Londres, Routledge.

Jéquier, Nicolas (editor) (1976). *Appropriate technology problems and promises*, París, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), Development Centre Studies.

Jiménez, Luis Felipe (2007) "Capital de riesgo y mecanismos financieros de apoyo a la innovación en Brasil y Chile", Serie Desarrollo Productivo, núm. 177, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Jiménez, Nelcy, Fernando Castellanos y María Eugenia Morales (2007). "Tendencias y retos de la gestión tecnológica en economías emergentes", Medellín, Colombia, *Revista de la Universidad Eafit*, vol. 43, núm. 148, pp. 42-61.

Johnson, Burce (1990). "El programa brasileño del alcohol", en Mario Waissbluth (coordinador general), *Administración de proyectos de investigación*, Santiago de Chile, Centro Interuniversitario de Desarrollo.

Jonas, Hans (1984). *The imperative or responsibility*, Chicago, Chicago University Press.

Jones, R. V. (1978). *Most secret war*, Londres, Coronet / Hamilton Hamish.

Joy, Bill (2000). "Why the future doesn't need us", *Wired Magazine*, vol. 8, núm. 4, en: [http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy\\_pr.html](http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy_pr.html).

Junta del Acuerdo de Cartagena (1976a). *Andean Pact technology policies*, Ottawa / Lima, International Development Research Centre (IDRC).

Junta del Acuerdo de Cartagena (1976b). *Technology policy and economic development*, Ottawa / Lima, International Development Research Centre (IDRC).

Junta del Acuerdo de Cartagena (1979). *Ciencia y tecnología para el desarrollo*, Lima, Junta del Acuerdo de Cartagena.

Kamenetzky, Mario (1979). "Preinvestment work and engineering as links between supply and demand of knowledge", en D. Babatunde, Thomas y Miguel Wionczek (compiladores), *Integration of science and technology with development / Caribbean and Latin American problems in the context of the United Nations Conference on Science and Technology for Development*, Nueva York, Pergamon Press.

Kamenetzky, Mario, Robert Maybury y Charles Weiss Jr. (editores) (1986). *Choice and management of technology in developing countries (I-II)*, Washington DC, Projects Policy Department, Environment, Science and Technology Unit, Banco Mundial.

Kaplan, Marcos (1975). *La ciencia en la sociedad y en la política*, México DF, Secretaría de Educación Pública.

Kaplan, Marcos (1984). "Estado, cultura y ciencia en América Latina", en González Casanova, Pablo, *Cultura y creación intelectual en América Latina*, México DF, Siglo XXI Editores.

Katz, Jorge (1968). *Production functions, foreign investment and growth: a study based on the Argentinian manufacturing sector*, Buenos Aires, Centro de Investigaciones Económicas, Instituto Torcuato di Tella.

Katz, Jorge (1970). *Importación de tecnología, gastos locales de investigación y desarrollo y progreso tecnológico en el sector manufacturero*, Washington DC, Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Katz, Jorge (1974a). "Patentes de invención, Convenio de París, y países de menor grado de desarrollo relativo", en Stanzick, Karl-Heinz y Peter Schenkel (compiladores), *Ensayos sobre política tecnológica en América Latina*, Quito, Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales (ILDIS).

Katz, Jorge (1974b). *Oligopolio, firmas transnacionales y empresas multinacionales: el caso de la industria farmacéutica en América Latina*, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Katz, Jorge (1976). *Importación de tecnología, aprendizaje industrial e industrialización dependiente*, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Katz, Jorge (1978). "Cambio, tecnológico, desarrollo económico y las relaciones intra y extrarregionales en América Latina", Santiago de Chile, Programa BID / CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Katz, Jorge (1986). "Desarrollo y crisis de la capacidad tecnológica latinoamericana: el caso de la industria metalmecánica", Buenos Aires, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Katz, Jorge (compilador) (1996). *Estabilización macroeconómica, reforma estructural y comportamiento industrial: estructura y funcionamiento del sector manufacturero latinoamericano en los años 90*, Buenos Aires, Alianza Editorial.

Katz, Jorge (2000a). *Pasado y presente del comportamiento tecnológico de América Latina*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Katz, Jorge (2000b). "Structural change and labor productivity growth in Latin American manufacturing industries 1970-96", *World Development*, vol. 28, núm. 9, pp. 1583-1596.

Katz, Jorge (2000c). *Pasado y presente del comportamiento tecnológico de América Latina*, Serie Desarrollo Productivo, núm. 75, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Katz, Jorge (2001). *Structural reforms, productivity and technological change in Latin America*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Katz, Jorge (2010). "Universidades y Desarrollo Económico" en Sección Ponencias Seminario Agenda de Desarrollo Iberoamericana— ADI 2010, en: [http://www.cidob.org/es/actividades/desarrollo/seminario\\_adi\\_2010\\_educacion\\_para\\_el\\_desarrollo\\_en\\_america\\_latina](http://www.cidob.org/es/actividades/desarrollo/seminario_adi_2010_educacion_para_el_desarrollo_en_america_latina)

Katz, Jorge y otros (1978). "Productividad, tecnología y esfuerzos locales de investigación y desarrollo", Buenos Aires, Programa BID / CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Katz, Jorge y Ricardo Cibotti (1975). "Marco de referencia para un programa de investigación en ciencia y tecnología en América Latina", Buenos Aires, Programa BID / CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Katz, Jorge y Ricardo Cibotti (1980). "Tecnología: políticas e instrumentos en América Latina", Buenos Aires, Programa BID / CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Katz, Jorge y Giovanni Stumpo (2001). *Regímenes competitivos sectoriales, productividad y competitividad internacional*, Serie Desarrollo Productivo, núm. 103, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Katz, Jorge, Roberto Bisang y Gustavo Burachik (1995). *Hacia un nuevo modelo de organización industrial: el sector manufacturero argentino en los años 90*, Buenos Aires, Alianza Editorial.

Kelly, Kevin (2009). "The new socialism: global collectivist society is coming online", *Wired Magazine*, en: [http://www.wired.com/culture/culturereviews/magazine/17-06/nep\\_newsocialism](http://www.wired.com/culture/culturereviews/magazine/17-06/nep_newsocialism).

Kim, Won-Ho (2008). "América Latina en el siglo XXI: reflexiones críticas desde Asia", *Nueva Sociedad*, núm. 214, marzo-abril.

Klimovsky, Gregorio y otros (1975). *Ciencia e ideología: aportes polémicos*, Buenos Aires, Argentina, Ediciones Ciencia Nueva.

Kraemer-Mbula, Erika y Watu Wamae (compiladores) (2010). *Innovation and the Development Agenda*, Ottawa, International Development Research Centre.

Kranzberg, M. (1989). "The dynamic ecology of innovation", en Kranzberg, M., Y. Elkana y Z. Tadmor, *Innovation: at the crossroads between science and technology*, Haifa, The S. Neaman Press.

Krieger, Mario (1975). "La dependencia como contexto macrosocial de la política científico-tecnológica", en Suárez, Francisco, Héctor Ciapuscio y otros, *Autonomía nacional o dependencia: la política científico-tecnológica*, Buenos Aires, Editorial Paidós.

Krikorian, Gaelle y Amy Kapczynski (2010). *Access to knowledge in the age of intellectual property*, New York, Zone Books.

Kurakov, I. G. (1966). *Science, technology and communism: some questions of development*, Oxford, Pergamon Press.

Kuramoto, Juana (1999). "Las aglomeraciones productivas alrededor de la minería: el caso de Minera Yanacocha S. A.", Documento de Trabajo, núm. 27, Lima, Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE).

Kuramoto, Juana y Francisco Sagasti (2002). "Integrating local and global knowledge, technology and production systems: challenges for technical cooperation", en Fukuda-Parr, Sakiko, Carlos Lopes y Khalid Malik, *Capacity for development: new solutions to old problems*, Nueva York / Londres, UNDP / Earthscan Publications.

Kuramoto, Juana y Máximo Torero (2009). "Public-private research, development, and innovation in Peru" en Graham, Michael y Jean Woo (compiladores), *Fuelling economic growth*, Ottawa, International Development Research Centre.

Kuznetsov, Yevgeny y Carl Dahlman (2008). *Transition to a knowledge-based economy: challenges and opportunities*, Washington DC, Banco Mundial.

Kurzweil, Ray (2005). *The singularity is near: when humans transcend biology*, Nueva York, Penguin Books.

La Nación (2010). "Una mente brillante: la primera química nuclear argentina", entrevista de Laura de Marco a Sara Rietti, Buenos Aires, 11 de septiembre.

Laverde, Jairo (compilador) (1982). *V Seminario Metodológico sobre Política y Planificación Científica y Tecnológica*, Washington DC, Organización de los Estados Americanos (OEA).

Leite Lopes, José (1975). *La ciencia y el dilema de América Latina: dependencia o liberación*, Buenos Aires, Siglo XXI Editores.

Lemarchand, Guillermo (2010). *Sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe. Estudios y documentos de política científica en ALC*, vol. 1, Montevideo, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe.

Leydesdorff, Loet y Henry Etzkowitz (1998). "The triple helix as a model for innovation studies", *Science and Public Policy*, vol. 25, núm. 3; pp. 195-203.

Licha, Isabel (2003). *Ciencia, tecnología y desarrollo humano en Cuba*, La Habana, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Licha, Isabel (2007). "Investigación científica y desarrollo social en América Latina", en Sebastián, Jesús (editor), *Claves del desarrollo científico y tecnológico de América Latina*, Madrid, Fundación Carolina y Editorial Siglo XXI.

López, Andrés (2009). "Las evaluaciones de programas públicos de apoyo al fomento y desarrollo de la tecnología y la innovación en el sector productivo en América Latina:

una revisión crítica", Diálogo Regional de Política Red de Innovación, Ciencia y Tecnología, nota técnica, Washington DC, Banco Interamericano de Desarrollo.

Lundvall, B. A. (compilador) (1992). *National innovation systems: towards a theory of innovation and interactive learning*, Londres, Frances Pinter.

Lundvall, B. A., K. J. Joseph, Cristina Chaminade y Jan Vang (compiladores) (2009). *Handbook of innovation systems and developing countries*, Cheltenham, U. K., Edward Elgar Publishers.

Machado, Fernando (1990). "La innovación del producto" en Waisbluth, Mario (coordinador general) Programa BID-SECAB-CINDA, *Gestión tecnológica en la empresa*, Colección Ciencia y Tecnología No 27, Santiago, CINDA.

Machlup, Fritz (1962). *The production and distribution of knowledge in the United States*, Princeton, Princeton University Press.

Machlup, Fritz (1980). *Knowledge and knowledge production*, Princeton, Princeton University Press.

Mallma, Carlos (1969). "Consideraciones sobre la política científico-tecnológica a seguir para lograr el desarrollo. Criterios para evaluar el éxito de la misma", San Carlos de Bariloche, Fundación Bariloche.

Maloney, William F. (2002). *Missed opportunities: innovation and resource-based growth in Latin America*, Washington DC, Office of the Chief Economist, Latin America and the Caribbean Region, Policy Research Working Paper, Washington DC, Banco Mundial.

Mansell, Robin y Uta Wehn (1998). *Knowledge societies: information technology for sustainable development*, United Nations Commission on Science and Technology for Development, Nueva York, Oxford University Press.

Marcovitch, Jacques (1990). "Tecnología y competitividad". en Waisbluth, Mario (coordinador general) *Conceptos Generales de Gestión Tecnológica*, Colección Ciencia y Tecnología No 26, Programa BID-SECAB-CINDA, Santiago, CINDA.

Marín, Anabel, Lizbeth Navas-Alemán y Carlota Pérez (2009). "The possible role of natural resource-based networks in Latin American development strategies", Working Paper prepared for the CEPAL-SEGIB Project, Santiago de Chile / Madrid, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Martin, James (2006). *The meaning of the 21st century: a vital blueprint for ensuring our future*, Londres, Transworld Publishers – Eden Project Books.

Martínez, Eduardo (compilador) (1993). *Estrategias, planificación y gestión de ciencia y tecnología*, Caracas, Editorial Nueva Sociedad.

Martínez, Eduardo y Aldo Beri (compiladores) (1988). *La integración de la ciencia y la tecnología en la planificación del desarrollo en Uruguay*, Montevideo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

Martínez Piva, Jorge Mario (coordinador) (2008). *Generación y protección del conocimiento: propiedad intelectual, innovación y desarrollo económico*, México DF, Sede Subregional de México, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Martínez Vidal, Carlos y Manuel Marí (2002). "La escuela latinoamericana de pensamiento en ciencia, tecnología y desarrollo: notas de un proyecto de investigación", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, núm. 4, septiembre-diciembre.

Martins, Antonio (2008). "Ignacy Sachs propoe outra amazonia", *Le Monde Diplomatique*, Sao Paulo, Brasil, noviembre.

Mata Mollejas, Luis (1973). *Política científica y Pacto Andino*, Caracas, Monte Ávila Editores.

Mayorga, Román (1989). "Reducamos la brecha: hacia una estrategia regional en ciencia y tecnología", Washington DC, Sección de Educación, Ciencia y Tecnología, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

McKibben, Bill (2010). *Eaarth: making a life on a tough new planet*, Nueva York, Times Books.

Melo, Alberto (2001). "The innovation systems of Latin America and the Caribbean", Departamento de Investigación, Working Paper 460, Washington DC, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Monckeberg, Fernando (1974). *Jaque al subdesarrollo*, Santiago de Chile, Editorial Nacional Gabriela Mistral.

Mora y Araujo, Manuel (1975). "Un panorama de la sociología y la ciencia de la ciencia", en Suárez, Francisco, Héctor Ciapuscio y otros, *Autonomía nacional o dependencia: la política científico-tecnológica*, Buenos Aires, Editorial Paidós.

Moreno, Félix (1974). "Modelo para un sistema de producción, selección y transferencia de tecnología", en Sábato, Jorge (compilador), *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Buenos Aires, Editorial Paidós.

Moya, Alejandro y Gerardo Gargiulo (1969). "Estudios de base para la planificación científica y tecnológica", Washington DC, Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Mullin, James, Luis Jaramillo y Carlos Abeledo (2007). "Análisis del desempeño de las funciones de un sistema nacional de innovación como marco para formular políticas", trabajo presentado a XII Seminario Latinoamericano de Gestión Tecnológica Altec 2007, Buenos Aires, septiembre 2007.

Nadal, Alejandro (1977). *Instrumentos de política científica y tecnológica en México*, México DF, El Colegio de México.

Nadal, Alejandro (1988). *Bibliografía sobre el análisis económico del cambio técnico*, México DF, El Colegio de México.

Nadal, Alejandro (1990). "Choice of technique revisited: a critical review of the theoretical underpinnings", *World Development*, vol. 18, núm. 11, noviembre, pp. 1445-1456.

Nadal, Alejandro (1995). "Harnessing the politics of science and technology policy in México", en Bastos, María Inés y Charles Cooper (compiladores), *Politics of Technology in Latin America*, Londres, Routledge.

Navarro, Juan Carlos, Juan José Llisterri y Pluvia Zúñiga (2010a). "Innovación y productividad en América Latina: la innovación empresarial, el déficit científico y tecnológico, y la evolución de las políticas públicas", documento de trabajo, Washington DC, División de Ciencia y Tecnología, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Navarro, Juan Carlos, Juan José Listerri y Pluvia Zúñiga (2010b). "The importance of ideas: innovation and productivity in Latin America", en Pagés, C. (editor), *The age of productivity: transforming economies from the bottom up*, Washington DC, BID, Palgrave y McMillan.

Needham, Joseph (1969). *The grand titration: science and society in East and West*, Londres, George Allen & Unwin.

Neghme, Amador (1978). "Experiencias personales en la organización para el avance de la ciencia", en Amengual, Ataliva y Jaime Lavados, (compiladores), *El rol de la ciencia en el desarrollo*, Santiago de Chile, Corporación de Promoción Universitaria (CPU).

Nelson, Richard (compilador) (1993). *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*, Nueva York / Oxford, Oxford University Press.

Nelson, Richard y Sydney Winter (1982). *An evolutionary theory of economic change*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.

Nikoaj Hanse, Thomas, Natalia Agapitova, Lauritz Holm-Nielsen y Ognjenka Goga Vukmirovic (2002). "The evolution of science & technology: Latin America and the Caribbean in comparative perspective", LCSHD Paper Series, núm. 80, diciembre, Washington DC, Human Development Department, Banco Mundial.

Notcheff, Hugo (1987). *Revolución tecnológica, autonomía nacional y democracia*, Buenos Aires, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO).

Nun, José (1995). "Argentina: science, technology and public policies", en Bastos, Maria Inés y Charles Cooper (compiladores), *Politics of technology in Latin America*, Londres, Routledge.

Oldham, Geoffrey (1978). "IDRC workshops on science and technology research for development – An introductory note", Ottawa, International Development Research Centre (IDRC).

Ominami, Carlos (compilador) (1986). *La tercera revolución industrial. Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, México DF, Grupo Editor Latinoamericano.

Organización de Estados Americanos – OEA (1972). *Informe final de la Conferencia Especializada sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología al Desarrollo de América Latina*, Washington DC, Departamento de Asuntos Científicos de la OEA.

Organización de Estados Americanos – OEA (2006). *Ciencia, tecnología, ingeniería e innovación para el desarrollo: una visión para las Américas en el siglo XXI*, Washington DC, OEA.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – ONUDI (2005). *Capability building for catching-up – Industrial development report 2005*, Viena, ONUDI.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO (1967a). *Principles and problems of national science policy*, París, UNESCO Publishing.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO (1967b). *Structural and operational schemes of national science policy*, París, UNESCO Publishing.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO (2005). *Towards knowledge societies*, París, UNESCO Publishing.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO (2006). *Understanding creative industries: cultural statistics for public-policy making*, París, Global Alliance for Cultural Diversity / UNESCO Publishing.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO, Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe (2009). "Declaración de América Latina y el Caribe en el décimo aniversario de la Conferencia Mundial Sobre la Ciencia", Montevideo, UNESCO, Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe.

Organización Internacional del Trabajo – OIT (1992). *Strengthening technological capabilities: a challenge for the nineties*, Ginebra, OIT.

Organización Panamericana de la Salud – OPS (1966). *Science policy in Latin America: substance, structure and processes*, Washington DC, OPS.

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1963). *Science, economic growth and government policy*, París, OCDE.

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1964). *The measurement of scientific and technical activities*, París, OCDE.

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1968). *Science policy and development: a synthesis of the methods of analysis of the pilot teams project*, documento DAS / SPT68.28, París, OCDE.

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1970). *Gaps in technology: analytical report*, París, OCDE.

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1971). *Science, growth and society: a new perspective*, París, OCDE.

- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1972). *Management of research and development*, París, OCDE.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE Development Center (1974). *Choice and adaptation of technology in developing countries: an overview of major policy issues*, París, OCDE.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1979). *Inter-futures: facing the future, mastering the probably and managing the unpredictable*, París, OCDE e Information Center.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1980). *Technical change and economic policy*, París, OCDE.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1981a). *North / South technology transfer: the adjustments ahead*, París, OCDE.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1981b). *Science and technology policy for the 1980s*, París, OCDE.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1988a). *New technologies in the 1990s: a socio-economic strategy*, París, OCDE.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1988b). *Science and technology policy outlook 1988*, París, OCDE.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1996). *Employment and growth in the knowledge-based economy*, París, OCDE.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1999a). *Managing national innovation systems*, París, OCDE.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (1999b). *Science, technology and industry scoreboard – 1999: benchmarking knowledge-based economies*, París, OCDE.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (2007). *OECD reviews of innovation policy: Chile*, París, OCDE.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (2009). *OECD reviews of innovation policy: México*, París, OCDE.

- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE (2010). *The OECD Innovation Strategy: Getting a Head Start on Tomorrow*, París, OCDE.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico – OCDE y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo – IDRC (2011). *Innovation and the Development Agenda*, París, OCDE.
- Ortega y Gasset, José (1968). *Meditación de la técnica*, Madrid, El Arquero – Revista de Occidente.
- Oteiza, Enrique (1965). “La emigración de ingenieros en la Argentina: un caso de ‘brain drain’ latinoamericano”, *Revista Internacional del Trabajo*, vol. 72, núm. 6, pp. 6-10.
- Oteiza, Enrique (1971) “Emigración de profesionales, técnicos y obreros calificados argentinos a los Estados Unidos”, *Desarrollo Económico*, vol. 10, núms. 39 y 40, pp. 429-454.
- Oteiza, Enrique (1992). *La política de investigación científica y tecnológica argentina: historia y perspectivas*, Buenos Aires, Centro Editor de América Latina (CEAL).
- Oteiza, Enrique (1993). *Estudios sociales de la ciencia y la tecnología en América Latina*, Buenos Aires, Centro Editor de América Latina (CEAL).
- Oxman, Gastón y Francisco Sagasti (1972). “La transferencia de tecnología hacia los países del grupo andino”, Washington DC, Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA).
- Ozlak, Oscar (1976). “Política y organización estatal de las actividades científico-tecnológicas en la Argentina: crítica de modelos y prescripciones corrientes”, documento de trabajo inédito, Buenos Aires.
- Painter, Flora y Pluvia Zuñiga (2010). *La necesidad de innovar: el camino hacia el progreso de América Latina y el Caribe*, Washington DC, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Paredes, Carlos (2010). “La revolución productiva de la sierra peruana”, en: [http://www.snmpe.org.pe/repositorioaps/0/0/jer/inf\\_herr\\_foro/03-Tercer\\_foro/Presentación%20SIERRA%20PRODUCTIVA.pdf](http://www.snmpe.org.pe/repositorioaps/0/0/jer/inf_herr_foro/03-Tercer_foro/Presentación%20SIERRA%20PRODUCTIVA.pdf).
- Paunov, Caroline (2010). “The global crisis and firm’s investments in innovation”, documento de trabajo para el proyecto INNOVALATINO, París, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), Development Center.

Pérez, Carlota (1983). "Towards a comprehensive theory of long waves", en Bianchi, G. y otros (compiladores), *Long waves, depression and innovation: implications for national and regional economic policy*, Laxenburg, International Institute for Systems Analysis (IIASA).

Pérez, Carlota (1985a) "Microelectronics, long waves and world structural change: new perspectives for developing countries", *World Development*, vol. 13, núm. 3, pp. 441-463.

Pérez, Carlota (1985b). "Long waves and changes in socio-economic organizations", *IDS Bulletin*, Institute of Development Studies, University of Sussex, vol. 16, núm. 1, pp. 36-39.

Pérez, Carlota (1990). "Tecnología, desarrollo y sistema nacional de innovación", Montevideo, Organización de Estados Americanos (OEA) / International Development Research Centre (IDRC).

Pérez, Carlota (1992). "Cambio técnico, reestructuración productiva y reforma institucional en los países en desarrollo", *El Trimestre Económico*, vol. 52, núm. 233, enero-marzo, pp. 23-64.

Pérez, Carlota (1996). "La modernización industrial en América Latina y la herencia de la sustitución de importaciones", *Comercio Exterior*, vol. 46, núm. 5, mayo, pp. 347-363.

Pérez, Carlota (2000). "Technological change and opportunities for development as a moving target", trabajo presentado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) X, Bangkok, febrero del 2000.

Pérez, Carlota (2002). *Una visión para América Latina: dinamismo tecnológico e inclusión social mediante una estrategia basada en los recursos naturales*, The Global Network for Economics of Learning, Innovation, and Competence Building System (GLOBELICS), Working Paper Series, núm. 08-04, disponible en: [www.globelics.org](http://www.globelics.org).

Pérez, Carlota (2004). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero*, México DF, Siglo XXI Editores.

Pérez, Carlota (2010). "Dinamismo tecnológico e inclusión social en América Latina: una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales", *Revista de la CEPAL*, núm. 100, pp. 123-145.

Pérez, Carlota y Christopher Freeman (1988). "Structural crises of adjustment: business cycles and investment behavior", en Dosi, G. y otros (compiladores), *Technical change and economic theory*, Londres, Frances Pinter Publishers.

Perlmutter, Howard y Tagi Sagafi-Nejad (1981). *International technology transfer: guidelines, codes and a muffled quadrilogue*, Nueva York, Pergamon Press.

Pinto, Aníbal (1990). "Notas sobre industrialización y progreso técnico en la perspectiva de Prebisch - CEPAL", *Pensamiento Iberoamericano*, núm. 16, pp. 59-84.

Prebisch, Raúl (1949). *El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Prebisch, Raúl (1951). *Problemas teóricos y prácticos del crecimiento económico*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Prebisch, Raúl (1969). *El pensamiento de la CEPAL*, Santiago de Chile, Editorial Universitaria.

Prebisch, Raúl (1982a). "Hacia una estrategia global de desarrollo", en *La obra de Prebisch en la CEPAL*, Selección de Lecturas, vol. 2, núm. 46, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Prebisch, Raúl (1982b). "Problemas teóricos y prácticos del crecimiento económico", en Gurrieri, Adolfo (selección), *La obra de Prebisch en la CEPAL*, Selección de Lecturas, vol. 1, núm. 46, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Prebisch, Raúl (1986). Exposición en el vigésimo primer período de sesiones de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), México DF, 24 de abril de 1986.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD (2001). *Informe sobre el desarrollo humano 2001: poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano*, Nueva York, Oxford University Press.

Quartesan, Alessandra, Monica Romis, Francesco Lanzafame (2007). "Las industrias culturales en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades", Washington DC, Departamento de Capacidad Institucional y Finanzas del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Rath, Amitav (1986). "Science, technology and energy policy program: a review", Ottawa, International Development Research Centre (IDRC).

Rath, Amitav (2001). "South-South cooperation in science and technology for development", Twelfth Session of the High Level Committee on the Review of Technical Cooperation among Developing Countries, Working Paper, Ottawa, Policy Research International Inc.

Rattner, Henrique (1980). *Tecnología e Sociedade*, Sao Paulo, Editorial Brasiliense.

Rattner, Henrique (1990). "Revolución científica tecnológica", en Waissbluth, Mario (coordinador general) Programa BID-SECAB-CINDA, *Conceptos generales de gestión tecnológica*, Colección Ciencia y Tecnología No 26, Santiago, CINDA.

Recart, María Olivia (2005). "Fundación Chile: 29 years fostering innovative business development in key Chilean clusters", Santiago de Chile, Fundación Chile.

Rees, Martin (2003). *Our final hour*, Nueva York, Basic Books.

Reinhardt, Nola y Wilson Peres (2000). "Latin America's new economic model: micro responses and economic restructuring", *World Development*, vol. 28, núm. 9, pp. 1543-1566.

Reséndiz Núñez, Daniel y Asdrúbal Flores (1985). "La transferencia de tecnología y los programas nacionales de desarrollo", en López Facal, Javier y Alider Cragolini (compiladores), *Materiales del Seminario Iberoamericano de Política Científica*, Madrid, Consejo de Investigaciones Científicas de España.

Ribeiro, Darcy (1973a), *El Proceso Civilizatorio*, Caracas, Universidad Central de Venezuela.

Ribeiro, Darcy (1973b). *La universidad nueva: un proyecto*, Buenos Aires, Editorial Ciencia Nueva.

Rivas, Gerardo (2010). "Informe final de la evaluación intermedia del Programa de Ciencia y Tecnología de Perú", Lima, Programa de Ciencia y Tecnología, Presidencia del Consejo de Ministros del Perú.

Roche, Marcel (1968). *La ciencia entre nosotros y otros ensayos*, Caracas, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

Roche, Marcel (1975). *Descubriendo a Prometeo*, Caracas, Monte Ávila Editores.

Roffe, Pedro y Luis Mariano Genovesi (2009). *Propuesta de estrategia y plan de acción: implementación del Acuerdo de Promoción Comercial con los EE.UU en el área de propiedad intelectual*. Informe final de consultoría para el Banco Interamericano de Desarrollo y el Gobierno del Perú, Lima, Oficina del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Rostow, Walt W. (1961). *Las etapas del crecimiento económico*, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Rydczynski, Witold (1980). *Paper heroes: a review of appropriate technology*, Nueva York, Anchor Press.

Sábato, Jorge (1971). *Ciencia, tecnología, desarrollo y dependencia*, Tucumán, Editorial Mensaje.

Sábato, Jorge (1972). *¿Laboratorios de investigación o fábricas de tecnología?*, Buenos Aires, Editorial Ciencia Nueva.

Sábato, Jorge (compilador) (1975). *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Buenos Aires, Editorial Paidós.

Sábato, Jorge (1978). *Transferencia de tecnología: una selección bibliográfica*, México DF, Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo (CEESTEM).

Sábato, Jorge (2004). *Ensayos en campera*, Universidad Nacional de Quilmes.

Sábato, Jorge y Natalio Botana (1968). "La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina", Buenos Aires, *Revista del Instituto para la Integración de América Latina* (INTAL), núm. 3.

Sachs, Ignacy (1973). "Transferencia de tecnología y estrategia de industrialización", en Wionczek, M. S. (compilador), *Comercio de tecnología y subdesarrollo económico*, México DF, Universidad Nacional Autónoma de México.

Sachs, Ignacy (2008) "Biocivilização: o potencial brasileiro", entrevista de Patricia Fachin en Revista do Instituto Humanitas Unisinos - IHU Online, en: [http://www.universodoconhecimento.com.br/index2.php?option=com\\_content&task=view&id=290&pop=1&page=0&Itemid=57](http://www.universodoconhecimento.com.br/index2.php?option=com_content&task=view&id=290&pop=1&page=0&Itemid=57).

Sachs, Ignacy (2009). "Brasil 2022 – A land of good hope?", en *The Perspective of the World Review*, vol. 1, núm. 1.

Sachs, Ignacy, Daniel Thery y Krystyna Vinaver (1974). *Technologies apropiées pour le tiers monde: vers une gestion du pluralisme technologique*, París, Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED).

Sáenz, Tirso W. y Emilio García Capote (compiladores) (1981a). *Cuestiones de la ciencia y la tecnología en Cuba*, La Habana, Editora de la Academia de Ciencias de Cuba.

Sáenz, Tirso W. y Emilio García Capote (1981b). "Cuba socialista: desarrollo de la ciencia y la técnica", en Sáenz, Tirso W. y Emilio García Capote (compiladores), *Cuestiones de la ciencia y la tecnología en Cuba*, La Habana, Editora de la Academia de Ciencias de Cuba.

Sáenz, Tirso W. y Emilio García Capote (1981c). "La etapa de la promoción dirigida de la ciencia en Cuba", en Sáenz, Tirso W. y Emilio García Capote (compiladores), *Cuestiones de la ciencia y la tecnología en Cuba*, La Habana, Editora de la Academia de Ciencias de Cuba.

Sáenz, Tirso W. y Emilio García Capote (1987). "Prospectiva y situación actual de la ciencia y la tecnología en Cuba: bases para la colaboración en el marco iberoamericano", en Cragnolini, Alider (compilador), *Cuestiones de política científica y tecnológica*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España.

Sagasti, Francisco (1970). *A systems approach to science and technology policy making and planning*, Washington DC, Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Sagasti, Francisco (1972a). "Subdesarrollo, ciencia y tecnología: una apreciación del rol de la universidad latinoamericana", en *La universidad latinoamericana: enfoques tipológicos*, Santiago de Chile, Corporación de Promoción Universitaria (CPU).

Sagasti, Francisco (1972b). "Towards a methodology for planning science and technology in underdeveloped countries", tesis doctoral, Filadelfia, Universidad de Pensilvania.

Sagasti, Francisco (1975a). "The ITINTEC system for industrial technology policy in Peru", *World Development*, Oxford, vol. 3, núms. 11 y 12, pp. 867-876.

Sagasti, Francisco (1975b). "Underdevelopment, science and technology: the point of view of underdeveloped countries", en Rabinowitch, Eugene y Víctor

Rabinowitch (compiladores), *Views on science, technology and development*, Oxford, Pergamon Press.

Sagasti, Francisco (1975c). "Hacia un nuevo enfoque para la planificación científica y tecnológica", en Jorge Sábató (compilador), *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Buenos Aires, Editorial Paidós.

Sagasti, Francisco (1976). "Autoficiencia tecnológica y colaboración entre los países del tercer mundo", *Papeles de la India*, vol. V, núms. 1-2, pp. 13-27.

Sagasti, Francisco (1977). "Reflexiones sobre la endogenización de la revolución científico-tecnológica en los países subdesarrollados", *Interciencia*, vol. 2, núm. 4, julio-agosto, pp. 216-221.

Sagasti, Francisco (1978a). "Esbozo histórico de la ciencia y la tecnología en América Latina", *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, Bogotá, vol. 2, núm. 3, julio-septiembre, pp. 279-306.

Sagasti, Francisco (1978b). *Ciencia, tecnología y desarrollo: informe comparativo central del Proyecto STPI*, Ottawa, International Development Research Centre (IDRC).

Sagasti, Francisco (1978c). "Hacia un desarrollo científico y tecnológico endógeno de América Latina", *Comercio Exterior*, vol. 28, núm. 12, diciembre, pp. 1498-1504.

Sagasti, Francisco (1980a). "Las dos civilizaciones y el proceso de desarrollo", en *Perspectivas*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), vol. X, núm. 2.

Sagasti, Francisco (1980b). "Máximo Halty y el pensamiento latinoamericano sobre política científica y tecnológica", *Interciencia*, Caracas, vol. 5, núm. 3, mayo-junio, pp. 180-181.

Sagasti, Francisco (1980c). *Science and technology for development: STPI module 3: the evolution of science and technology in STPI countries*, Ottawa: International Development Research Centre.

Sagasti, Francisco (1980d). *Science and technology for development: STPI module 8: policy instruments to promote the performance of S and T activities in industrial enterprises*, Ottawa: International Development Research Centre.

Sagasti, Francisco (1981). *Ciencia, tecnología y desarrollo*, Serie de Lecturas, núm. 42, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Sagasti, Francisco (1983a). "Hacia la incorporación de la ciencia y la tecnología en la concepción del desarrollo", *El Trimestre Económico*, México DF, vol. L, núm. 199, julio-septiembre, pp. 1627-1654.

Sagasti, Francisco (1983b). *La política científica y tecnológica en América Latina: un estudio del enfoque de sistemas*, Serie Jornadas, núm. 101, México DF, El Colegio de México.

Sagasti, Francisco (1983c). "Un hombre de nuestro tiempo: Jorge Sábato a un año de su muerte", *Interciencia*, Caracas, vol. 9 (6), noviembre-diciembre, pp. 404-406.

Sagasti, Francisco (1988). "Reinterpreting development from a science and technology perspective", en Swedin, Uno y Erik Baark (compiladores), *Man, nature and technology: essays on the role of ideological perceptions*, Londres, Macmillan Press.

Sagasti, Francisco (1992). "Conocimiento y desarrollo en América Latina: ciencia, tecnología y producción quinientos años después del encuentro con Europa", *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, París, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), núm. 134, pp. 615-627.

Sagasti, Francisco (1995). "Política científica y tecnológica en el Perú: los últimos 30 años", *Tecnología y Sociedad*, Lima, Intermediate Technology Development Group (ITDG), núm. 3, noviembre, pp. 31-38.

Sagasti, Francisco (1997a). "Editorial: development, knowledge and the Baconian age", *World Development*, vol. 25, núm. 10, octubre, pp. 1565-1568.

Sagasti, Francisco (1997b). "The twilight of the Baconian Age: background paper for a book of essays on knowledge, progress and development", Lima, FORO Nacional / Internacional – Agenda: PERÚ.

Sagasti, Francisco (1999). "Science and technology in the United Nations system: an overview", documento de trabajo preparado para el proyecto sobre historia intelectual de las Naciones Unidas, Lima, FORO Nacional / Internacional.

Sagasti, Francisco (2000a). "The twilight of the Baconian Age and the future of humanity", *Futures*, núm. 32, pp. 595-602.

Sagasti, Francisco (coordinador) (2000b). *PERÚ: Agenda y estrategia para el siglo 21*, Lima, FORO Nacional / Internacional – Agenda: PERÚ.

Sagasti, Francisco (2004a). *Knowledge and innovation for development: the Sisyphus challenge of the 21st Century*, Cheltenham, UK, Edward Elgar.

Sagasti, Francisco (2004b). "Demandas y oportunidades del contexto internacional al desarrollo rural en el Perú", en *La nueva ruralidad: desafíos y propuestas*, Lima, Ayuda en Acción.

Sagasti, Francisco (2006). "El ocaso de la era baconiana y el futuro de la humanidad", *Unodiverso, Revista del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*, Lima, Perú.

Sagasti, Francisco (2010a). "Políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina", presentación en el Seminario sobre Ciencia, Tecnología e Innovación, San José, Ministerio de Ciencia y Tecnología de Costa Rica.

Sagasti, Francisco (2010b). "Aprovechar acuerdos comerciales con innovación tecnológica: una propuesta de agenda de políticas", Documento de Políticas IDB-PB-114, Washington DC, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Sagasti, Francisco y Alberto Aráoz (1975). *Guías metodológicas para el Proyecto STPI*, Washington DC, Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Sagasti, Francisco y Alberto Aráoz (compiladores) (1988). *La planificación científica y tecnológica en los países en desarrollo: la experiencia del Proyecto STPI*, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Sagasti, Francisco y Alejandra Pavez (1989). "Ciencia y tecnología en América Latina a principios del siglo XX: el Primer Congreso Científico Panamericano", *Quipu*, vol. 6, núm. 2, mayo-agosto, pp. 189-216.

Sagasti, Francisco y Alejandro Moya (1971). "Notes on the OAS and OECD methodologies for determining requirements for science and technology", *Studies in Scientific and Technological Development*, núm. 5, Washington DC, Organización de Estados Americanos (OEA).

Sagasti, Francisco y Cecilia Cook (1987). "Tiempos difíciles: ciencia y la tecnología en América Latina durante el decenio de los ochenta", *Comercio Exterior*, México DF, vol. 37, núm. 12, diciembre, pp. 1006-1026.

Sagasti, Francisco y Gonzalo Alcalde (1999). *Development cooperation in a fractured global order*, Ottawa, International Development Research Centre (IDRC).

Sagasti, Francisco y Keith Bezanson (1995). "The elusive search: development and progress in the transition to a new century", Documento de Trabajo, Lima, Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE).

Sagasti, Francisco, Keith Bezanson y Fernando Prada (2005). *The future of development financing: challenges and strategic choices*, Londres, Palgrave-McMillan.

Sagasti, Francisco y Mauricio Guerrero (1974). *El desarrollo científico y tecnológico de América Latina*, Buenos Aires, Instituto para la Integración de América Latina (INTAL).

Salomon, Jean-Jacques, Francisco Sagasti y Céline Sachs-Jeantet (compiladores) (1996). *La búsqueda incierta: ciencia, tecnología y desarrollo*, Serie de Lecturas, núm. 82, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Samaniego, Jose Luis (coordinador) (2009). *Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: reseña 2009*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Sánchez Crespo, Alberto (1970). "Esbozo del desarrollo industrial de América Latina y sus principales implicaciones sobre el sistema científico y tecnológico", Washington DC, Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación Argentina (1989). *Memoria crítica de una gestión 1983-1989*, Buenos Aires, Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación Argentina.

Secretaría de la Conferencia sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo (1979). "Documento de base de la secretaría para la conferencia", Nueva York, Naciones Unidas.

Secretaría de la Organización de Estados Americanos – OEA (1967). "Declaración de los presidentes de América" adoptada en la reunión de jefes de Estado Americanos en Punta del Este, Uruguay, 12-14 de abril de 1967, Washington DC, Secretaría de la OEA.

Sercovich, Francisco (1974). "Dependencia tecnológica en la industria argentina", *Desarrollo Económico*, vol. 14, núm. 53, pp. 33-67.

Sercovich, Francisco (1975) "Negociación y explotación de tecnología licenciada desde el exterior: el caso de las industrias químicas y petroquímica", Washington DC, Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Sercovich, Francisco (1976). *Tecnología y control extranjeros en la industria argentina*, Buenos Aires, Siglo XXI Editores.

Sercovich, Francisco (1988). "Domestic learning, international technology flows and the world market: new perspectives for the developing countries", Ginebra, Organización Internacional del trabajo (OIT).

Scheel, Carlos (2001). "National innovation systems in Latin America", Monterrey, documento de trabajo preparado para la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

Schmitz, Hubert y José Cassiolato, compiladores (1992). *Hi-Tech for industrial development: lessons from the Brazilian experience in electronics and automation*, Londres, Routledge.

Schumacher, E. F. (1973). *Small is beautiful: economics as if people mattered*, Londres, Blond and Briggs.

Schumpeter, Joseph (1934). *The theory of economic development*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.

Schumpeter, Joseph (1939). *Business cycles: a theoretical, historical, and statistical analysis of the capitalist process*, Nueva York, McGraw-Hill.

Schumpeter, Joseph (1943). *Capitalism, socialism and democracy*, Nueva York, Harper.

Schwab, Klaus, editor (2009), *Global competitiveness report 2009-2010*, Ginebra, World Economic Forum.

Schwartzman, Simón (1979). *Formação da comunidade científica no Brasil*, Río de Janeiro, Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

Schwartzman, Simón (1991). *A space for science: the development of the scientific community in Brazil*, State College, Pensilvania, The Pennsylvania State University Press.

Science Policy Research Unit – SPRU, University of Sussex (1972). *The transfer of technology to Latin America*, Washington DC, Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico, Departamento de Asuntos Científicos, marzo.

Sen, Amartya (1968). *Choice of techniques: an aspect of the theory of planned economic development*, Londres, Basil Blackwell.

- Singer, Hans y otros (1979). *The Sussex Manifesto: science and technology to developing countries during the second development decade*, Brighton, England, Institute of Development Studies at the University of Sussex, reproducido de "Science and technology for development: proposals for the second development decade", Report of the Advisory Committee on the Application of Science and Technology for Development, Nueva York, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, documento ST / ECA / 133.
- Solleiro, José Luis y Rosario Castañón (coordinadores) (2008). *Gestión tecnológica: conceptos y prácticas*, México DF, Plaza y Valdés S. A.
- Soto Krebs, Luis (1974). "Algunas ideas sobre institutos tecnológicos", en Stanzick, Karl-Heinz y Peter Schenkel (compiladores), *Ensayos sobre política tecnológica en América Latina*, Quito, Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales (ILDIS).
- Soto Krebs, Luis (1976a). "Algunas ideas con respecto a la generación de tecnología a nivel multinacional", en Orrego Vicuña, Francisco (compilador), *Ciencia y tecnología en la cuenca del Pacífico*, Santiago de Chile, Centro de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile.
- Soto Krebs, Luis (1976b). "Tecnología en el Grupo Andino", en Orrego Vicuña, Francisco (compilador), *Ciencia y tecnología en la cuenca del Pacífico*, Santiago de Chile, Centro de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile.
- Spiegel-Rosing, Ina y Derek de Solla Price (1977). *Science, technology and society: a cross-disciplinary perspective*, Londres, Sage Publications.
- Stern, Nicholas (2010). "Climate: what you need to know", *The New York Review of Books*, vol. LVII, núm. 11, pp. 35-37.
- Stewart, Frances (1977). *Technology and underdevelopment*, Boulder, Colorado, Westview Press.
- Stiglitz, Joseph (2006). "A better way to crack it", *New Scientist*, 15 de septiembre 2006.
- Street, James H. (1982). "La superación de la dependencia tecnológica en América Latina", en Street, James H. y Dimuls D. James, *Progreso tecnológico en América Latina: posibilidades para superar la dependencia*, México, Editorial Enero.
- Street, James H. y Dimuls D. James (1982). "Introducción", en Street, James H. y Dimuls D. James, *Progreso tecnológico en América Latina: posibilidades para superar la*

- dependencia*, México, Editorial Enero (traducción del volumen publicado en inglés en 1979).
- Strong, Maurice (2000). *Where on earth are we going?*, Toronto, Alfred Knopf Canada.
- Suárez, Francisco (1975a). "La dependencia cultural", en Suárez, Francisco, Héctor Ciapusio y otros, *Autonomía nacional o dependencia: la política científico-tecnológica*, Buenos Aires, Editorial Paidós.
- Suárez, Francisco (1975b). "La dependencia científica y su relación con la dependencia cultural y tecnológica", en Suárez, Francisco, Héctor Ciapusio y otros, *Autonomía nacional o dependencia: la política científico-tecnológica*, Buenos Aires, Editorial Paidós.
- Suárez, Francisco, Héctor Ciapusio y otros (1975). *Autonomía nacional o dependencia: la política científico-tecnológica*, Buenos Aires, Editorial Paidós.
- Sunkel, Osvaldo (1999). "La sostenibilidad del desarrollo vigente en América Latina", en Contreras, Carlos (compilador), *América Latina en el siglo XXI: de la esperanza a la equidad*, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE) y Universidad de Guadalajara.
- Sunkel, Osvaldo y Nicolo Gligio (compiladores) (1980). *Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina*, Serie de Lecturas, núm. 36, vols. 1 y 2, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).
- Sunkel, Osvaldo y Pedro Paz (1970). *El subdesarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo*, México DF, Siglo XXI.
- Sutz, Judith (compiladora) (1997). *Innovación y desarrollo en América Latina*, Caracas, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO).
- Sutz, Judith (2007). "Relaciones universidad – empresa", en Sebastián, Jesús (editor), *Claves del desarrollo científico y tecnológico de América Latina*, Madrid, Fundación Carolina y Editorial Siglo XXI.
- Teitel, Simón (1987). "Science and technology in the development of Latin America", en *Proceedings of the roundtable on science, technology and development in Latin America*, Cambridge, Mass., Technology and Development Program, Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

- Teubal, Morris (1998). "Marco de políticas para el financiamiento de la innovación en economías en vías de industrialización", mesa redonda "Difusión, Asimilación y Uso de la Tecnología en las Empresas", División de Infraestructura y Mercados Financieros del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Toharia, Manuel (1998). *Hijos de las estrellas*, Madrid, Ediciones Temas de Hoy.
- Torvik, Ragnar (2009). "Why do some resource abundant countries succeed while others do not?", trabajo presentado en la Décima Conferencia Anual de la Red Global de Desarrollo sobre Recursos Naturales y Desarrollo, realizada en Kuwait, en: [http://www.gdnet.org/cms.php?id=research\\_paper\\_abstract&research\\_paper\\_id=15626](http://www.gdnet.org/cms.php?id=research_paper_abstract&research_paper_id=15626)
- Trist, Eric (1973a). "Re-evaluating the role of science", en Emery, Fred y Eric Trist, *Towards a social ecology*, Londres, Plenum Press.
- Trist, Eric (1973b). "The establishment of problem-oriented research domains", en Emery, Fred y Eric Trist, *Towards a social ecology*, Londres, Plenum Press.
- United Kingdom, Commission on Intellectual Property Rights (2002). *Integrating intellectual property rights and development policy*, Londres, United Kingdom Commission on Intellectual Property Rights.
- United Kingdom, Department for Culture, Media and Sports – DCMS (2001). *Creative industries mapping document*. DCMS.
- United Kingdom, Department for Culture, Media and Sports – DCMS (2004). "DCMS evidence toolkit – Technical report". DCMS.
- United Kingdom, Department for Culture, Media and Sports – DCMS (2006). *Creative industries economic estimates – Statistical Bulletin*. DCMS.
- United Nations (2009). *World economic and social survey 2009: promoting development, saving the planet*, Nueva York, Department of Economic and Social Affairs, United Nations.
- United Nations Advisory Committee on the Application of Science and Technology to Development (1970). *Science and technology for development: proposals for the second United Nations development decade*, Nueva York, Department of Social and Economic Affairs, United Nations.

- United Nations Advisory Committee on Science and Technology for Development (1989). "Science, technology and development: the imperative of social innovation", A declaration of current and past members of the United Nations Advisory Committee on Science and Technology for Development, Nueva York, United Nations Center for Science and Technology for Development.
- United Nations Environment Program – UNEP (2007). *Global environmental outlook, Geo 4, environment for development*, Nairobi, UNEP.
- Universidad de Chile (1972). *Hacia una política de desarrollo científico y tecnológico para Chile*, Santiago de Chile, Editorial Universitaria.
- Urquidi, Víctor (1962). "El desarrollo latinoamericano, el capital extranjero y la transmisión de la tecnología", *El Trimestre Económico*, vol. 29, núm. 113, pp. 19-29.
- Urquidi, Víctor (1974). "Human resources in the developing world", *Perspectives*, vol. 4, núm. 3, otoño, París, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), pp. 327-341.
- Urquidi, Víctor (1980). "Planeación de la ciencia y la tecnología", *Comercio Exterior*, vol. 30, núm. 11, noviembre, pp. 1237-1243.
- Urquidi, Víctor y Adrián Lajous Vargas (1969). *Educación superior, ciencia y tecnología en el desarrollo económico de México*, México DF, El Colegio de México.
- Vaccarezza, Leonardo Silvio (1998). "Ciencia, tecnología y sociedad: el estadio de la cuestión en América Latina", *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 18, septiembre-diciembre, pp. 13-40.
- Vaitsos, Constantino (1973a). *Comercialización de tecnología en el Pacto Andino*, Lima, Instituto de Estudios Peruanos.
- Vaitsos, Constantino (1973b). "La función de las patentes en los países en vías de desarrollo", *El Trimestre Económico*, vol. XL, núm. 157, pp. 195-232.
- Vargas, Leiner (1999). "Aprendizaje institucional y fomento a la innovación en Costa Rica", Taller de Innovación Tecnológica para el Desarrollo Económico de la Región, Segunda Reunión de la Comisión Interamericana de Ciencia y Tecnología, Acapulco.

- Varsavsky, Óscar (1969). *Ciencia, política y científicismo*, Buenos Aires, Centro Editor de América Latina (CEAL).
- Varsavsky, Óscar (1972). *Hacia una política científica nacional*, Buenos Aires, Editorial Periferia.
- Varsavsky, Óscar (1974). *Estilos tecnológicos*, Buenos Aires, Ediciones Periferia.
- Velho, Lea (2004). "Science and technology in Latin America and the Caribbean: an overview", Discussion Paper Series 2004-4, Maastricht, INTECH, United Nations University, febrero 2004.
- Vessuri, Hebe (1987). "The social study of science in Latin America", *Social Studies of Science*, vol. 17, pp. 519-554.
- Vessuri, Hebe (1996). "El proceso de institucionalización", en Salomon, Jean-Jacques, Francisco Sagasti y Céline Sachs-Jeantet (compiladores), *La búsqueda incierta: ciencia tecnología y desarrollo*, Serie de Lecturas, México DF, Fondo de Cultura Económica (FCE).
- Vicente, Kim (2004). *The human factor: revolutionizing the way we live with technology*, Toronto, Vintage Canada.
- Von Barloewen (1995). *History and Modernity in Latin America*, Providence-Oxford, Berghahn Books.
- Von Doellinger, Carlos y Leonardo C. Cavalcanti (1975). *Empresas multinacionais na industria brasileira*, Río de Janeiro, Instituto de Planejamento Económico e Social (IPEA).
- Von Weizsacker, E. U., M. S. Swaminathan y Aklilu Lemma (editores) (1983). *New frontiers in technology application*, Dublín, Tycooli International Publishing.
- Waissbluth, Mario (1990a). "Regulación académica de la vinculación" en Mario Waissbluth (coordinador) *Vinculación Universidad Sector Productivo*, Colección Ciencia y Tecnología No 24, Programa BID-SECAB-CINDA, Santiago, CINDA.
- Waissbluth, Mario (coordinador) (1990b). *Vinculación Universidad Sector Productivo*, Colección Ciencia y Tecnología No 24, Programa BID-SECAB-CINDA, Santiago, CINDA.

- Waissbluth, Mario (coordinador) (1990c). *Conceptos Generales de Gestión Tecnológica*, Colección Ciencia y Tecnología No 26, Programa BID-SECAB-CINDA, Santiago, CINDA.
- Waissbluth, Mario (1994). "Vinculación de la investigación científica y tecnológica con las unidades productivas", en Eduardo Martínez (compilador), *Ciencia, tecnología y desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas*, Caracas, Editorial Nueva Sociedad.
- Waissbluth, Mario, Gustavo Cadena, José Luis Solleiro, Fernando Machado y Arturo Castaños (1990). "El paquete tecnológico y la innovación", en Waissbluth, Mario (coordinador) *Conceptos Generales de Gestión Tecnológica*, Colección Ciencia y Tecnología No 26, Programa BID-SECAB-CINDA, Santiago, CINDA.
- Weiss, Charles y Nicolas Jequier (1984). *Technology, finance and development: an analysis of the World Bank as a technological institution*, Lexington, Mass, Lexington Books.
- Williamson, John (1990). *Latin American adjustment: how much has happened*, Washington DC, Institute for International Economics.
- Wilson, Edward O. (2002). *The future of life*, Nueva York, Vintage Books.
- Wionczek, Miguel (1974). "Aplicación y adaptación de tecnología en América Latina", en Stanzick, Karl-Heinz y Peter Schenkel (compiladores), *Ensayos sobre política tecnológica en América Latina*, Quito, Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales (ILDIS).
- Wionczek, Miguel (1975). *Política tecnológica y desarrollo socioeconómico*, México DF, Secretaría de Relaciones Exteriores.
- Wolfensohn, James (1999). "A proposal for a comprehensive development framework", documento inédito, Washington, DC, Banco Mundial.
- Wolfensohn, James (2001). "Comprehensive development framework: meeting the promise? Early experience and emerging issues", Washington DC, Banco Mundial, CDF Secretariat, 17 de septiembre.
- Wolfensohn, James (2002). "Comprehensive development framework: roundtable on Latin American and middle-income country experience – lessons and implications", Washington DC, Banco Mundial, CDF Secretariat.

World Commission on Environment and Development (1987). *Our common future*, Oxford – Nueva York, Oxford University Press.

Yakovlev, Vladimir (1985). “El programa regional de la OEA”, en López Facal, Javier y Alider Cragnolini (compiladores), *Materiales del Seminario Iberoamericano de Política Científica*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España.

Zubieta, Judith y Rafael Loyola Díaz (2007). “La alternancia en ciencia y tecnología: un futuro discutible”, *Foro Internacional*, vol. XLVII, núm. 4, pp. 945-999.

## RECONOCIMIENTOS

Las ideas, experiencias y prácticas que se adquieren a lo largo de una vida profesional son resultado de una multiplicidad de intercambios con mentores, colegas, asociados y asistentes con quienes se interactúa a lo largo de los años. He tenido el privilegio de trabajar al lado de un gran número de profesionales y amigos de quienes he aprendido mucho, y que me han ayudado a esclarecer mis ideas sobre el papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en el proceso de desarrollo.

Mi deuda principal es con los muchos colegas que desde hace más de cuarenta años me han apoyado, estimulado y señalado el camino para trabajar en los temas de ciencia, tecnología e innovación. Alberto Giesecke, Geoffrey Oldham y Máximo Halty me dieron un primer impulso y apoyaron generosamente mi trabajo en este campo. En diferentes etapas y facetas de mi actividad intelectual tuve el privilegio de tener como amigos y mentores a personalidades como Jorge Sábató, Ignacy Sachs, Miguel Wionczek, Marcel Roche, Amílcar Herrera, Víctor Urquidí, Helio Jaguaribe, Aldo Ferrer, Luciano Tomassini, Cecilio Morales, Enrique Oteiza, Russell Ackoff, Eric Trist, Hasan Ozbekhan, Howard Permuter, Bertram Gross y Stevan Dedijer, entre otros. He tratado de aprovechar lo mejor posible sus enseñanzas y consejos a lo largo de todos estos años.

Agradezco a los colegas con quienes he trabajado a lo largo de tres decenios en el Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE) y en FORO Nacional/ Internacional. Claudio Herzka, Hélan Jaworski, Carlos Paredes, Guillermo Thornberry, Gonzalo Garland, Hernán Garrido-Lecca, Cecilia Cook, Gregorio Arévalo, Rubén Berríos, Alberto Pascó-Font y Javier Escobal me ayudaron a configurar mis ideas sobre estos temas durante el decenio de 1980, y Max Hernández, Fernando Prada, Mario Bazán, Gonzalo Alcalde, Eliana Chrem, Fernando Hesse, Úrsula Casabonne y Pepi Patrón colaboraron conmigo en diversos trabajos durante los decenios de 1990 y 2000. Debo un agradecimiento especial a Juana Kuramoto, con quien he trabajado en varios proyectos desde 1983, y de quien he recibido siempre valiosos comentarios y sugerencias a lo largo de los años. Rafael Castillo ha sido un excelente colaborador y colega joven durante los últimos cuatro años, y ha tenido a su cargo la primera versión del sexto capítulo de este trabajo. En la preparación de este texto he contado con la asistencia de Karen Puertas y de Lucía Málaga.

Conocí personalmente a casi todos los autores citados en este trabajo y aprendí de todos ellos. Pidiendo disculpas de antemano por cualquier omisión inadvertida, quisiera mencionar aquellos asociados con el Programa Regional de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la OEA (Alejandro Moya, Alberto Aráoz, Jorge Katz, Fernando Chaparro, Carlos Martínez Vidal, Francisco Sercovich,

Gerardo Gargiulo, Alberto Sánchez Crespo, Juan Carlos Gamba, Manuel Marí, Pierre Gonod, Félix Moreno, Gastón Oxman, Jaime Lavados, Marcelo Roberts, Iván Lavados); la Secretaría del Acuerdo de Cartagena (Mauricio Guerrero, Pedroleón Díaz, Constantino Vaitzos, Luis Soto, Gustavo Fernández, Marcelo Tejada, Luciano Tomassini, Lynn Mytelka); el Proyecto STPI sobre instrumentos de política científica y tecnológica (Carlos Contreras, Onelia Cardettini, Alejandro Nadal, Mauricio de María Campos, Gerard Boon, Eduardo Amadeo, Luis Matos, Dulce de Uzcátegui, Ignacio Ávalos, Fabio Erber, José Tavares, Fernando González Vigil, Roberto Wangeman, Luis Javier Jaramillo, Pedro Amaya, Hernán Jaramillo, KunMo Chung, Jaelk Kim, Anil Malhotra, Ashok Parthasarati, Nikola Kljlusev, Adel Sabet, Genevieve Dean); el Instituto de Investigaciones Tecnológicas Industriales y Normas Técnicas (ITINTEC) del Perú (Isaías Flit, Gustavo Flores, Baldo Kresalja, Luis Lizárraga, Guillermo Van Oordt, Alberto Jiménez de Lucio); la Unidad de Investigación en Política Científica (SPRU) de la Universidad de Sussex (Christopher Freeman, Charles Cooper, Raphie Kaplinsky, Martin Bell, William Page, Andrew Barnett); la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (Víctor Rabinowitch, Richard Eckaus, Nathan Rosenberg, Eugene Skolnikoff); el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (IDRC) (David Hopper, Ruth Zagorin, James Mullin, Louis Berlinguet, Henrique Tono, Tony Tillet, Amitav Rath, Keith Bezanson, Pierre Beemans); la Conferencia Mundial sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo realizada en Viena en 1979 (Guy Gresford, M. S. Anandkrishnan, Amílcar Ferrari, Anna María Jaguaribe, Martin Lees, Lennart Bage, Uno Svedin, Mikoto Usui, Jurg Mahner, Klaus-Heinrich Standke, Agit Bhalla, Martin Bell, Atul Wad, Pedro Roffe, Surendra Patel, Calestous Juma); el Consejo Consultivo de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas (Umberto Colombo, Harvey Brooks, M. S. Swaminathan, Essam el-din Galal, Carlos Abeledo, M.G.K. Menon, José Israel Vargas); el Banco Mundial (Charles Weiss, Carl Dahlman, Ashok Mody, Mario Kamenetzky, Michael Colby, Céline Sachs); el Consejo Consultivo de la Universidad de las Naciones Unidas (Soedjatmoko, Heitor Gurgulino de Souza, Kinhide Mushakoji); el grupo asesor en política científica y tecnológica de la UNESCO (Yvan de Hemptinne, Jean-Jacques Salomon, Georges Ferné, Alfredo Picasso); la Fundación Carnegie de Nueva York (David Hamburg, Patricia Rosenfield, John Stremlau, Akin Adubifa, Rodney Nichols); el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Perú (Roger Guerra-García, Ramiro Castro de la Mata, Jorge Heraud, Alexander Grobman, Benjamín Marticorena); el Programa de Ciencia y Tecnología en la Presidencia del Consejo de Ministros del Perú (José Valdéz Calle, Juan Incháustegui, Alejandro Afuso); y otras instituciones académicas, gubernamentales, internacionales y privadas con las que he interactuado a lo largo de más de cuatro decenios (Enrique Martín del Campo, Gerardo Bueno, José Pelucio Ferreira, Fernando Fajnzylber,

Carlota Pérez, Jean-Jacques Salomon, Jacques Gaillard, Edwin Mansfield, Maurice Goldsmith, Francois Chesnais, Hebe Vessuri, Rodrigo Zeledón, Eduardo Doryan, José Joaquín Brunner, Mario Albornoz, Rodrigo Arocena, Judith Sutz, Mario Waissbluth, Mario Cimoli, Marta Cehelsky, Alexander King, Marc Nerfin, Dieter Ernst, y Guillermo Lemarchand, entre muchos otros).

*Un agradecimiento especial a Nelly Ruiz, guardiana de la memoria institucional del Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico de la OEA.*



Los documentos que integran la Biblioteca PLACTED fueron reunidos por la [Cátedra Libre Ciencia, Política y Sociedad \(CPS\). Contribuciones a un Pensamiento Latinoamericano](#), que depende de la Universidad Nacional de La Plata. Algunos ya se encontraban disponibles en la web y otros fueron adquiridos y digitalizados especialmente para ser incluidos aquí.

Mediante esta iniciativa ofrecemos al público de forma abierta y gratuita obras representativas de autores/as del **Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología, Desarrollo y Dependencia (PLACTED)** con la intención de que sean utilizadas tanto en la investigación histórica, como en el análisis teórico-metodológico y en los debates sobre políticas científicas y tecnológicas. Creemos fundamental la recuperación no solo de la dimensión conceptual de estos/as autores/as, sino también su posicionamiento ético-político y su compromiso con proyectos que hicieran posible utilizar las capacidades CyT en la resolución de las necesidades y problemas de nuestros países.

**PLACTED** abarca la obra de autores/as que abordaron las relaciones entre ciencia, tecnología, desarrollo y dependencia en América Latina entre las décadas de 1960 y 1980. La Biblioteca PLACTED por lo tanto busca particularmente poner a disposición la bibliografía de este período fundacional para los estudios sobre CyT en nuestra región, y también recoge la obra posterior de algunos de los exponentes más destacados del PLACTED, así como investigaciones contemporáneas sobre esta corriente de ideas, sobre alguno/a de sus integrantes o que utilizan explícitamente instrumentos analíticos elaborados por estos.

## **Derechos y permisos**

En la Cátedra CPS creemos fervientemente en la necesidad de liberar la comunicación científica de las barreras que se le han impuesto en las últimas décadas producto del avance de diferentes formas de privatización del conocimiento.

Frente a la imposibilidad de consultar personalmente a cada uno/a de los/as autores/as, sus herederos/as o los/as editores/as de las obras aquí compartidas, pero con el convencimiento de que esta iniciativa abierta y sin fines de lucro sería del agrado de los/as pensadores/as del PLACTED, ***requerimos hacer un uso justo y respetuoso de las obras, reconociendo y citando adecuadamente los textos cada vez que se utilicen, así como no realizar obras derivadas a partir de ellos y evitar su comercialización.***

A fin de ampliar su alcance y difusión, la Biblioteca PLACTED se suma en 2021 al repositorio ESOCITE, con quien compartimos el objetivo de "recopilar y garantizar el acceso abierto a la producción académica iberoamericana en el campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología".

Ante cualquier consulta en relación con los textos aportados, por favor contactar a la cátedra CPS por mail: [catedra.cienciaypolitica@presi.unlp.edu.ar](mailto:catedra.cienciaypolitica@presi.unlp.edu.ar)