

El Colegio de México

jornadas



08
88
0.101
5.2

o R. Sagasti

TICA CIENTIFICA Y
OGICA EN AMERICA
UN ESTUDIO DEL
E DE SISTEMAS

308/J88/no.101/ej.2 232914

Sagasti,

AUTOR

La política científica...

TITULO

FECHA

UN3

308/J88/no.101/ej.2

232914

Sagasti,

La política científica ...



aem

EL COLEGIO DE MEXICO

308/J88/no.101/ej.2



3 905 0013845 2

JORNADAS 101

13601

EL COLEGIO DE MEXICO

**PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
PARA EL DESARROLLO**

FRANCISCO R. SAGASTI

La política científica y
tecnológica en América Latina:
un estudio del enfoque
de sistemas



JORNADAS 101
EL COLEGIO DE MEXICO

308
J88
no.10/
qj.2

232914

Open access edition funded by the National Endowment for the Humanities/Andrew W. Mellon Foundation Humanities Open Book Program.



The text of this book is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License: <https://creativecommons.org/licenses/by-ncnd/4.0/>

Primera edición, 1983, EL COLEGIO DE MEXICO
© 1983, El Colegio de México,
Camino al Ajusco 20,
01000-México, D.F.

Impreso y hecho en México-*Printed and made in Mexico*
ISBN 968-12-0227-9

INDICE

Prefacio	13
✓ Introducción	17
✓ <i>Algunos conceptos básicos sobre el enfoque de sistemas</i>	17
<i>El enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica</i>	24
El enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica latinoamericana: los primeros pasos	29
<i>Antecedentes</i>	29
✓ <i>Los planteamientos iniciales de la OEA</i>	33
<i>El “triángulo de Sábato”</i>	37
<i>La primera “estrategia de desarrollo tecnológico” de la OEA</i>	41
<i>Comentarios finales</i>	45
La formalización del enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica latinoamericana	47
<i>El desarrollo tecnológico de acuerdo a Máximo Halty</i>	48

<i>Las contribuciones de Alberto Aráoz</i>	53
<i>El planteamiento sistémico detallado de Félix Moreno</i>	56
✓ <i>El enfoque de sistemas de Francisco R. Sagasti</i>	60
<i>Algunas comparaciones</i>	69
✓ <i>La difusión del enfoque de sistemas</i>	73
<i>El estudio de los requerimientos</i>	73
<i>El proyecto piloto de transferencia de tecnología</i>	74
<i>El enfoque sectorial</i>	79
<i>La política tecnológica subregional andina</i>	85
<i>El sector tradicional</i>	92
<i>La gestión tecnológica</i>	97
<i>La planificación científica y tecnológica</i>	101
<i>Las estrategias tecnológicas</i>	105
<i>Otras contribuciones</i>	109
<i>El proyecto STPI sobre instrumentos de política científica y tecnológica</i>	113
<i>Algunos conceptos centrales del proyecto STPI</i>	114
<i>El proceso de formulación y ejecución de políticas</i>	120
<i>Modificaciones en las pautas metodológicas</i>	124
<i>La investigación y sus limitaciones</i>	126

INDICE	9
Algunas repercusiones del enfoque de sistemas	129
✓ Otras corrientes de pensamiento y críticas al enfoque de sistemas	139
✓ <i>Otras corrientes de pensamiento</i>	139
<i>Críticas al enfoque de sistemas</i>	146
Balance y perspectivas	165
Apéndice A: <i>Hacia una conceptualización del sistema científico y tecnológico</i>	171
✓ Apéndice B: <i>Máximo Halty y el pensamiento latinoamericano sobre política científica y tecnológica</i>	205
Apéndice C: <i>La perspectiva sistémica de la UNESCO</i>	213

*A Russ Ackoff, Jorge Sábato, Eric Trist, Ignacy Sachs,
Miguel Wionczek, Alberto Giesecke, Marcel Roche,
V́ctor L. Urquidí y Amílcar Herrera, quienes dieron el
impulso inicial, pero no son responsables del camino
que seguimos ni a dónde fuimos a parar.*

PREFACIO

Las palabras “sistema”, “enfoque sistémico” y otras similares han adquirido gran popularidad en los últimos años. Es casi imposible examinar un texto sobre problemas sociales, económicos, políticos, científicos o técnicos sin que aparezca una de ellas. Más aún, muchas personas encontrarían un grave problema de comunicación si se prohibiera el uso de la palabra “sistema”.

Este trabajo examina una aplicación del enfoque de sistemas que tuvo gran auge en América Latina a partir de 1970: la conceptualización, formulación y puesta en práctica de políticas para el desarrollo científico y tecnológico. Se estudia la evolución y difusión de este enfoque, evaluando sus contribuciones, limitaciones, y perspectivas futuras.

El enfoque de sistemas logró gran aceptación por varias razones: la influencia de las escuelas estructuralista y dependientista de desarrollo, que dieron importancia a los planteamientos globales; la prioridad reclamada por científicos y técnicos para sus actividades, que justificaron destacando las interacciones entre ellas y otros aspectos del proceso de desarrollo; la convergencia de diferentes disciplinas en los organismos

de política científica y tecnológica, que hizo necesaria la adopción de un lenguaje común; y lo atractivo de la retórica de sistemas para funcionarios gubernamentales y políticos.

El presente trabajo, que se basa en un informe preparado para la OEA, resume algunos conceptos básicos, examina los antecedentes, la formalización y la difusión del enfoque de sistemas, para luego tratar sobre las repercusiones de este enfoque, sus limitaciones y sus perspectivas futuras. El apéndice A contiene la primera versión en castellano de uno de los capítulos de la monografía "A Systems Approach to Science and Technology Policy Making and Planning" que publicó la OEA hace diez años, el apéndice B reproduce un trabajo que preparé como tributo a la memoria de Máximo Halty, y el apéndice C resume algunas ideas de Yvan de Hempinne, director de política científica de la UNESCO.

Ha sido inevitable incorporar un componente de apreciaciones personales en la preparación de este trabajo, ya que estuve vinculado a la difusión del enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica latinoamericana. Pese a ello, he tratado de examinar el tema desapasionadamente y de revisar la literatura en detalle para presentar una visión completa y ajustada a la realidad. Sin embargo, es muy probable que se hayan deslizado puntos de vista sesgados y omisiones involuntarias.

Quiero expresar mi agradecimiento a Alejandro Moya y a Marcelo Alonso del departamento

de asuntos científicos de la OEA, quienes me ofrecieron la oportunidad de reflexionar sobre este tema y revisar las ideas que planteara hace un decenio. Agradezco también la colaboración de Nelly Ruiz en las etapas previas al inicio del trabajo, la de Carlos Paredes en la ejecución, y la de María Inés Bello en la preparación del manuscrito final.

Francisco R. Sagasti
Lima, junio de 1982

INTRODUCCION

Algunos conceptos básicos sobre el enfoque de sistemas

El “movimiento de sistemas” puede considerarse como un conjunto de desarrollos conceptuales que abarca una gran variedad de planteamientos teóricos, agrupados bajo los nombres de “teoría de sistemas”, “investigación de sistemas”, “ciencia de sistemas”, y que empiezan a cobrar vigencia durante los últimos cuarenta años. Este movimiento surge como reacción a la tradición científica de más de tres siglos que puede caracterizarse, de acuerdo a Checkland,¹ por el predominio del reduccionismo, la repetibilidad, y la refutación en su metodología. El reduccionismo involucra el disgregar el fenómeno o problema bajo estudio en sus partes elementales y examinar cada una por separado, buscando explicar su comportamiento y formular hipótesis que relacionen causas y efectos. La repetibilidad asegura que los resultados obtenidos por un científico pueden ser verificados y validados por sus

¹ Véase P. Checkland, “Science and the Systems Paradigm”, *International Journal of General Systems*, vol. 3 (1976), pp. 127-134.

colegas, y la refutabilidad indica que la ciencia avanza a través del descarte de hipótesis e ideas falsas.

La perspectiva tradicional de la ciencia encontró serias dificultades al pasar de los problemas relativamente bien estructurados y definidos del mundo físico y del laboratorio —los cuales alimentaron su desarrollo a partir del siglo XVII— a los problemas complejos, poco estructurados y difusos que caracterizan a los fenómenos sociales del mundo real, sobre todo en los últimos decenios. El estudio de estos fenómenos ha avanzado con lentitud y el método de la ciencia reduccionista no ha podido contribuir de manera significativa al progreso del conocimiento de los fenómenos sociales y aun al de los fenómenos biológicos y psicológicos.

El enfoque, pensamiento, o ciencia de sistemas surgió como producto de un esfuerzo por enfrentar esta complejidad. Acepta que existen ciertas propiedades características de los “todos” que no pueden ser identificadas ni explicadas adecuadamente mediante procedimientos reduccionistas o analíticos que busquen aislar los componentes elementales y explicarlos por separado. La complejidad de las interacciones entre fenómenos, entidades, propiedades y comportamientos hacen necesario dejar de lado el enfoque reduccionista tradicional, o al menos complementarlo con la perspectiva holística del enfoque de sistemas, a fin de lograr un entendimiento y una explicación más satisfactoria de los problemas bajo estudio.

Pensadores como Ackoff, Trist y Ozbekhan, representativos de lo que se denominó la "escuela de pensamiento de Filadelfia" en planificación, y como Emery, Vickers, Churchman, Beer y Gross, quienes enriquecieron a esta escuela con sus aportes, coinciden en destacar la importancia y utilidad del enfoque de sistemas para enfrentar los problemas de las sociedades modernas, en las cuales, según Ackoff, hemos pasado de la era de las máquinas a la era de los sistemas.²

Un informe comisionado por la "Society for General Systems Research"³ analiza el estado actual del movimiento de sistemas. El informe pone de relieve las dificultades que ha experimentado, así como los logros obtenidos en treinta años. La impresión que deja este informe es la de un movimiento de sistemas aún no maduro, que busca definirse y legitimizarse en lo académico y en lo profesional, y que está en permanente contacto con los avances del conocimiento en ingeniería, matemáticas, sociología, filosofía, y muchos otros campos específicos. Sin embargo, pese a la multiplicidad de desarrollos conceptuales y aplicaciones que señala el

² El volumen *Teoría de sistemas y planificación*, compilado por el autor, y que será publicado por la Sociedad Interamericana de Planificación, contiene una antología de trabajos de los autores mencionados.

³ R. Cavallo (editor), "Systems Research Movement: Characteristics, Accomplishments, and Current Developments", *General Systems Bulletin*, Special Issue, verano 1979, vol. IX, núm. 3.

informe de Cavallo, es posible identificar tres grandes corrientes de pensamiento sobre sistemas.

En primer lugar se distingue la perspectiva *empírica-inductiva*, que consiste en examinar un gran número de sistemas y desde diferentes disciplinas. Los puntos y aspectos comunes identificados en este proceso se extraen, estudian, elaboran y desarrollan como principios de validez general. Estos principios, a su vez, se aplican a otros sistemas, cruzando las barreras de las disciplinas científicas, examinando una gran variedad de fenómenos y problemas, y estableciendo propiedades que caracterizan a los sistemas en general. Se postula que estas propiedades no hubieran podido inferirse mediante estudios analíticos reduccionistas.⁴

La segunda perspectiva puede denominarse *abstracta-deductiva*, y consiste en estudiar a los sistemas como abstracciones, sin referencia al mundo real, y buscando deducir reglas de aplicación general. A partir de la noción abstracta de sistema, considerando sus relaciones, elementos, entorno, funciones, estructuras, etc., y de reglas para manipular las relaciones entre sus componentes, se procede a examinar sus propiedades y comportamiento, con el objeto de establecer leyes y deducir reglas de aplicación general y validez universal. Estas reglas son luego

⁴ Este es el punto de vista de Ludwig von Bertalanffy. Véase por ejemplo su libro *General Systems Theory*, Nueva York, George Braziller, 1968.

particularizadas y aplicadas a fenómenos concretos.⁵

La tercera perspectiva para el estudio de los sistemas se preocupa más por los medios a través de los cuales llegar a conclusiones generales, que por la identificación de propiedades, leyes y reglas de comportamiento. Por lo tanto, puede ser denominada la perspectiva *metodológica*. La premisa básica es que es más útil desarrollar una metodología para el estudio de los sistemas en general que establecer un cuerpo de principios generales, que podrían particularizarse al tratar con un sistema específico. Postula, además, que la búsqueda de principios y metodologías en la ciencia de sistemas debería orientarse hacia la solución de problemas, en vez de orientarse hacia el establecimiento de correspondencias entre los resultados obtenidos en diferentes disciplinas y campos del conocimiento.⁶

En paralelo con estas tres perspectivas se ha sugerido una cuarta manera de tratar a la teoría de sistemas. En vez de adoptar una perspectiva

⁵ Uno de los principales exponentes de este punto de vista es W. Ross Ashby. Véanse, por ejemplo, sus trabajos: "General Systems Theory as a New Discipline" en *General Systems Yearbook*, vol. 3, 1958, pp. 1-6; y "The Set Theory of Mechanisms and Homeostasis" en *General Systems Yearbook*, vol. 9, 1964, pp. 83-97.

⁶ Russell Ackoff es el principal exponente de este punto de vista. Véanse, por ejemplo, su libro *Scientific Method*, Nueva York, John Wiley & Sons, 1962, y su ensayo "General Systems Theory and Systems Research: Contrasting Conceptions of Systems Science", en M. Mesarovic (compilador), *Views on General Systems Theory*, Nueva York, John Wiley & Sons, 1964.

empírica, abstracta o metodológica, considera a la ciencia de sistemas como un *punto de vista* o un *enfoque* holístico para mirar al mundo. Eso no es incompatible con ninguna de las tres corrientes mencionadas anteriormente, ya que se puede adoptar a la teoría de sistemas como un punto de vista mientras se prosigue la búsqueda de regularidades, leyes generales y métodos de investigación en cualquiera de las formas sugeridas por las perspectivas empírica, abstracta o metodológica.⁷

Sin embargo, es todavía evidente que la teoría de sistemas dista mucho de haber logrado una coherencia interna y un conjunto de resultados que la legitimicen plenamente. En su informe para la "Society for General Systems Research", Cavallo⁸ cita las opiniones de Melcher sobre este tema:

La teoría de sistemas . . . pone de relieve. . . que los análisis tradicionales frecuentemente llevan a análisis parciales y a conclusiones erróneas. Sin embargo, cuando se acerca uno a los conceptos de sistemas e intenta aplicarlos, su significado y utilidad parecen evaporarse.

Cavallo destaca que Melcher, al igual que muchos otros autores en este campo, reclama el

⁷ Este es el planteamiento de Kenneth Boulding en su trabajo "General Systems Theory as a Point of View" en M. Mesarovic (compilador), *op. cit.*

⁸ Cavallo (editor), *op. cit.* p. 9.

desarrollo de métodos prácticos que complementen a los aspectos de la teoría de sistemas que la hacen productiva como punto de vista o enfoque. Esto ha sido cuestionado por otros autores (Ackoff entre ellos), con quienes estoy de acuerdo, y quienes piensan que es más productivo mantener a la teoría de sistemas en el nivel de enfoque o punto de vista, complementándola con desarrollos metodológicos.⁹

Las aplicaciones del enfoque de sistemas a los procesos de planificación, toma de decisiones y definición de políticas acompañaron la evolución de la ciencia de sistemas desde sus inicios. Debido a la complejidad de estos aspectos del comportamiento social, el enfoque de sistemas complementado con algunos avances metodológicos de la teoría de sistemas, fue de gran utilidad para ordenar percepciones, postular interpretaciones y desarrollar marcos conceptuales que ayudaron en los procesos de planificación.¹⁰

⁹ El núm. 4 del vol. 4 (1980) de la revista *Ciencia, tecnología y desarrollo* (Bogotá) contiene una serie de ensayos sobre teoría de sistemas, que examinan las bases filosóficas de este enfoque. Véanse, en particular, los trabajos de Carlos Vasco y Angel Facundo.

¹⁰ Para una reseña reciente, de la relación entre el enfoque de sistemas y la planificación véase el trabajo de Carlos Legna "Una revisión sistémica de la planificación", *Revista interamericana de planificación*, vol. XIV, núm. 53, marzo de 1980, pp. 50-93.

232914

El enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica

Las primeras aplicaciones del enfoque de sistemas a los problemas de la política científica y tecnológica surgieron durante los años sesenta. El trabajo de Ackoff "Operational Research and National Science Policy", presentado en un simposio organizado a principios de 1967,¹¹ 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 Y. de Hemptinne, propusieron desde mediados de los sesenta el uso de conceptos de sistemas en la política científica.¹² En 1968-1969 un equipo de la Universidad de Grenoble, bajo la dirección de I. Barel, realizó un trabajo de sistematización y clasificación de todos los enfoques de sistemas propuestos hasta entonces para la política científica y tecnológica.¹³ Este último trabajo generó más de quince volúmenes y una cantidad

¹¹ R. Ackoff, "Operational Research in National Science Policy", en A. De Reuck, M. Goldsmith y J. Knight (compiladores), *Decision Making in National Science Policy*, Londres, J.C.A. Churchill, 1968.

¹² Véase UNESCO, *Principles and Problems of National Science Policies*, París, 1967; y *Structural and Operational Schemes of National Science Policy*, París, 1967.

¹³ I. Barel, *Essai de Formalisation de la Politique Scientifique-Etude Critique* (1970) y *Analyse des Systemes et Politique Scientifique* (1971), ambos publicados por el Institut de Recherche Economique et de Planification, Université de Sciences Sociales de Grenoble.

impresionante de diagramas, esquemas taxonómicos, y listados de definiciones y conceptos, y probablemente constituyó un esfuerzo prematuro de sistematización excesiva.

Los trabajos de Havelock y su equipo en la Universidad de Michigan hicieron contribuciones muy interesantes en la aplicación del enfoque de sistemas a la planificación científica y tecnológica. Su informe "Planning for Innovation", preparado en 1969-1970, constituye aún una fuente sugestiva de conceptos.¹⁴ Más recientemente, los trabajos de Caldwell¹⁵ para Naciones Unidas, de Hetman para la OCDE,¹⁶ de Dobrov¹⁷ en el Instituto Internacional para la Aplicación del Análisis de Sistemas (IIASA), y de H. Hollomon y su equipo en el Center for Policy Alternatives del Instituto Tecnológico de Massachusetts indican que el enfoque de sistemas continúa vigente en la política científica y tecnológica.¹⁸

¹⁴ R. Havelock, *Planning for Innovation Through Dissemination and Utilization of Knowledge*, Ann Arbor, Institute for Social Research, University of Michigan, 1971.

¹⁵ L. Caldwell, "Integrating Science and Technology for Development Planning: The Applicability of Systems Approaches and Technology Assessment Aids to Decision Makers", *U.N. Advisory Committee on Science and Technology to Development*, United Nations, Geneva, 1974.

¹⁶ F. Hetman, "Planning-Prospective Analysis and Science and Technology Policy", trabajo presentado en UN/CONACYT Symposium of Science and Technology in Development Planning, México D.F., 1979

¹⁷ G. Dobrov, "Management of Innovations", Luxembourg, International Institute of Applied Systems Analysis, 1978.

¹⁸ Véase el trabajo de N. Ashford: *National Support for*

Un rasgo común a todos estos trabajos, que fueron realizados en los países desarrollados, ha sido el considerar al subsistema de ciencia y tecnología como inserto en una perspectiva nacional más amplia y en el contexto internacional. En su mayoría se trató de trabajos que privilegiaron los aspectos formales y taxonómicos, que trataron el tema en forma estática, y que ponían énfasis en los aspectos estructurales y funcionales del subsistema ciencia y tecnología. Con muy pocas excepciones, no se plantearon enfoques dinámicos que considerasen explícitamente el contexto histórico del desarrollo científico y tecnológico, o que propusieran una interpretación teórica de base para su funcionamiento.

Antes de completar estas breves apreciaciones sobre el enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica, es necesario mencionar un trabajo pionero que, si bien no adoptó este enfoque de manera explícita, es en rigor el trabajo precursor más importante sobre el tema. Se trata del libro de Fritz Machlup¹⁹, *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*, publicado en 1962, en el cual presenta un planteamiento original y muy completo sobre la evolución de la "industria del

Science and Technology: An examination of Foreign Experience. Cambridge, Mass., Center for Policy Alternatives, Massachusetts Institute of Technology, 1976.

¹⁹ Fritz Machlup *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*, Princeton, Princeton University Press, 1962.

conocimiento” y su importancia en la actualidad. Este trabajo propuso una síntesis muy rica y sugestiva de conceptos y desarrollos hasta entonces dispersos. Relacionó las actividades de creación, difusión y utilización del conocimiento, y presentó esquemas taxonómicos que escaparon a la esterilidad de la abstracción excesiva y pudieron vincularse efectivamente a los fenómenos económicos y sociales del mundo real. Sin duda alguna, muchos de los desarrollos posteriores en la aplicación del enfoque de sistemas a la política científica y tecnológica se derivan, al menos de una manera indirecta, de las ideas sugeridas por Machlup.

EL ENFOQUE DE SISTEMAS EN LA POLÍTICA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA LATINOAMERICANA: LOS PRIMEROS PASOS

Antecedentes

Los primeros esfuerzos para tratar el tema de la política científica y tecnológica en América Latina de manera sistemática se iniciaron a mediados del decenio de los sesenta. En rigor, estos esfuerzos no constituyeron una aplicación del enfoque de sistemas, sino un intento de ordenar en forma sistemática los diferentes aspectos, factores e instituciones que intervienen en el proceso de desarrollo de la ciencia y la tecnología en América Latina.

A principios de los sesenta, la UNESCO organizó algunas misiones a países latinoamericanos a 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 fue extendiéndolos progresivamente a otras regiones. En Santiago de Chile se realizó en 1965 la Conferencia sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en América Latina

(CASTALA), a la cual siguieron varias misiones de expertos para ayudar a los gobiernos en la creación de organismos de política científica (la palabra "tecnología" no había ingresado aún al léxico de la UNESCO). Los marcos conceptuales empleados por la UNESCO en ese entonces se elaboraron en base a experiencias europeas (en particular francesas y belgas) y más que la aplicación de un enfoque de sistemas o la formulación de recomendaciones con base en estudios empíricos, se trató de la reproducción de esquemas organizativos de países relativamente más avanzados.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) estableció un grupo de estudio en 1964 para examinar las políticas nacionales de investigación biomédica en América Latina. Este grupo de estudio trabajó durante varios meses y presentó un informe al comité asesor sobre investigación médica de la OPS. Dicho informe examinó las condiciones generales en las que se realizaba investigación biomédica, los factores que tendrían a promover o retardar la investigación, las organizaciones formales para investigación, y las actitudes de los gobiernos hacia la investigación.¹ Sin embargo, los autores del informe indican en el prefacio que:

. . .en la medida que avanzaba el estudio se hizo evidente que la investigación biomédica compren-

¹ *Science Policy in Latin America, Substance, Structure, Processes*, Pan American Health Organization, Washington, D.C. marzo 1966.

de una gran parte de toda la investigación de muchos países latinoamericanos, que la mayoría de los aspectos de política para ella no podían abstraerse del problema total de política científica, y que la mayoría de las observaciones y recomendaciones tendrían que tratar con el todo en vez de las partes. Por lo tanto, si bien la preocupación central del informe continúa siendo la investigación biomédica, por necesidad cubre un campo más amplio. (p. vii).

El informe del grupo de estudio introdujo una serie de consideraciones sobre las razones para realizar investigación, los obstáculos y oportunidades que se presentan, las estructuras organizativas, y las influencias externas que afectan la investigación. Constituye un trabajo sistemático sobre el tema, si bien se limita exclusivamente a la investigación y no toca los otros aspectos vinculados al desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Otro antecedente interesante fueron los trabajos realizados en Europa por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Esta institución realizó una serie de estudios durante 1964-1968, en el marco del "Pilot Teams Project", sobre la contribución de la ciencia y la tecnología al crecimiento económico en el contexto de los planes de desarrollo. Estos estudios, en los que participaron Christopher Freeman, Geoffrey Oldham, Charles Cooper, y François Chesnais, entre otros, examinaron la vinculación entre ciencia, tecnología y crecimiento económico en varios países de la

OCDE, poniendo énfasis en los de menor desarrollo relativo (España, Turquía, Grecia y Yugoslavia). Los planteamientos metodológicos, resultados iniciales y trabajos de síntesis fueron seguidos muy de cerca por el departamento de asuntos científicos de la OEA, como se verá más adelante. Los informes sobre España y el informe de síntesis² fueron de particular utilidad e influencia en América Latina, especialmente a través de la relación personal establecida entre Máximo Halty de la OEA y François Chesnais de la OCDE.³

La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos también jugó un papel importante en las etapas iniciales de la política científica en América Latina, promoviendo la creación de instituciones y organizando intercambios de expertos y profesores. En el Perú, esta Academia auspició una serie de tres reuniones entre científicos americanos y peruanos que, junto con una misión de la UNESCO en 1967, dieron impulso a la creación del Consejo Nacional de Investigación.

² *Science Policy and Development: A Synthesis of the Methods of Analysis of the Pilot Teams Project*, Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, 29 noviembre, de 1968, DAS/SPR/68.28.

³ Geoffrey Oldham, quien dejó la OCDE para unirse al "Science Policy Research Unit" (SPRU) de la Universidad de Sussex, participó muy activamente en este intercambio de ideas. La relación de Oldham con América Latina seguiría durante todo el decenio de 1970 a través de su vinculación con el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo y los proyectos de investigación sobre política científica y tecnológica que apoyó esta institución en el área latinoamericana.

Finalmente, un último antecedente lo constituyen los estudios sobre recursos humanos auspiciados en varios países latinoamericanos por las fundaciones Ford y Rockefeller en los años sesenta. Por último, algunos científicos prominentes de América Latina hicieron planteamientos más o menos aislados en varios países,⁴ si bien éstos no llegaron a conformar un movimiento latinoamericano hasta la intervención de la OEA en la segunda mitad del decenio de los sesenta.

Los planteamientos iniciales de la OEA

El departamento de asuntos científicos de la OEA, primero a través de su unidad de desarrollo tecnológico y luego a través de la división de política y planificación, fue la institución que impulsó la concepción y aplicación de la política científica y tecnológica en América Latina. Para este fin, auspició una serie de estudios, reuniones y seminarios, misiones de asistencia técnica, y apoyo financiero a instituciones nacionales y subregionales. Desde un principio, la perspectiva de la OEA estuvo vinculada al enfoque de sistemas y los planteamientos metodológicos que orientaron su acción fueron influenciados fuertemente por las ideas de la teoría de sistemas.

El primer trabajo de la OEA sobre este tema

⁴ Véase, por ejemplo, el volumen *La ciencia: base de nuestro progreso*, Instituto de Investigaciones Científicas, Caracas, 1965.

fue preparado en 1966 por Máximo Halty,⁵ quien realizó un esfuerzo de síntesis y formalización integrando contribuciones conceptuales de la UNESCO, la OCDE, y de economistas europeos y americanos (E. Dennison, por ejemplo), tratando de adaptarlas a la realidad latinoamericana. Este documento distingue claramente entre “política” y “planificación”, desarrolla procedimientos metodológicos para cada una, y ofrece sugerencias para la organización institucional. Aquí se observa un primer intento de tratar en forma integrada a la ciencia y a la tecnología, balanceando el énfasis científico que caracterizó a las contribuciones de la UNESCO y OPS, con el énfasis técnico-económico que caracterizó a la OCDE, y tratando de ubicar ambos aspectos en el contexto latinoamericano.

Las contribuciones iniciales de la OEA fueron resumidas en el trabajo *Metodología para la planificación científica y tecnológica*, publicado en 1968, en el cual se identificaron una serie de estudios considerados necesarios para poder emprender una planificación realista del desarrollo científico y tecnológico latinoamericano. Esto llevó a proponer una serie de “estudios base” dentro del programa regional de desarrollo científico y tecnológico de la OEA,⁶

⁵ M. Halty, *Política y planificación científica y tecnológica*, Unidad de Desarrollo Tecnológico, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, 1966.

⁶ A. Moya y G. Gargiulo, *Estudios de base para la planificación científica y tecnológica*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, 1969.

en los cuales muchas de las premisas del enfoque de sistemas se encontraban presentes. De hecho, los estudios sobre el potencial científico y tecnológico se convirtieron en la primera fuente confiable de estadísticas sobre ciencia y tecnología en América Latina.

Por otra parte, la incorporación de A. Sánchez Crespo a la OEA contribuyó con aportes de carácter histórico y sociológico que complementaron los planteamientos formales estáticos que caracterizaron a casi todas las contribuciones iniciales sobre este tema.⁷ La presencia del autor como consultor de la división de política y planificación del departamento de asuntos científicos de la OEA a partir de fines de 1959, ayudó en la formulación del enfoque de sistemas para la política científica y tecnológica, añadiendo las ideas de la “escuela de Filadelfia” sobre planificación, desarrolladas en la Universidad de Pennsylvania.⁸

Todas estas contribuciones iniciales fueron examinadas en una reunión en Buenos Aires en agosto de 1970, en donde también participó François Chesnais de la OCDE para transmitir la experiencia y las conclusiones principales del “Pilot Teams Project” mencionado anterior-

⁷ Véase la publicación póstuma de Sánchez Crespo, escrita en 1970, *Esbozo del desarrollo industrial de América Latina y sus principales implicaciones sobre el sistema científico y tecnológico*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, 1972.

⁸ El primer trabajo que preparé para la OEA en 1970 fue *A Systems Approach to Science and Technology Policy Making and Planning*, publicado en 1972.

mente. El volumen titulado *Primer seminario metodológico sobre los estudios de base para la planificación de la ciencia y la tecnología*,⁹ resume las principales ponencias presentadas a esta reunión y consigna las recomendaciones que orientaron la tecnología a seguirse en el programa de estudios de base. En particular recomendó la adopción de un conjunto de definiciones para la recopilación de estadísticas científicas y tecnológicas.

Otra reunión de carácter metodológico, celebrada en París, en octubre de 1970, permitió a la OEA confrontar su enfoque metodológico con el de un grupo de expertos de la OCDE. Esta reunión llevó a reformular algunos aspectos de la metodología y mejorar los procedimientos que se seguirían en los estudios de base. La participación de Ignacy Sachs en este evento dio origen a su colaboración con la OEA a partir de esa fecha, enriqueciendo la perspectiva del enfoque de sistemas a través de su experiencia como economista y planificador. En esta reunión el autor presentó un trabajo realizado en colaboración con Alejandro Moya, el cual sirvió de base para la discusión con los expertos de la OCDE.¹⁰ La incorporación del experto

⁹ Este volumen inauguró la serie de "Estudios sobre el desarrollo científico y tecnológico" de la OEA, que publicó 38 títulos antes de ser suprimida por la OEA en una clara demostración de miopía institucional.

¹⁰ Véase *Notes on the OECD and OAS Methodologies for Determining Requirements for Science and Technology*, Department of Scientific Affairs, OAS, 1971.

francés P. Gonod al equipo de la OEA en 1970 reforzó el empleo del enfoque de sistemas en la metodología de planificación científica y tecnológica propugnada por la OEA, si bien algunos de los planteamientos de Gonod dieron origen a formalizaciones excesivas.¹¹

El "triángulo de Sábado"

Las contribuciones metodológicas de Jorge Sábado, quien fue uno de los principales asesores de la división de planificación y política del departamento de asuntos científicos de la OEA, merecen destacarse en forma especial. El modelo conceptual más difundido en los años setenta fue el esquema presentado inicialmente por Jorge Sábado y Natalio Botana en un artículo publicado en 1968¹² y difundido subsecuentemente por Sábado en numerosas oportunidades (figura 1). Sus principales ideas fueron recogidas en un documento sobre la estrategia del programa regional de desarrollo científico y tecno-

¹¹ Para una síntesis de las contribuciones de Gonod, especialmente en el campo de la transferencia de tecnología, véase a *Clés pour le transfert technologique*, Institut de Développement Economique, Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement, agosto de 1974.

¹² Jorge A. Sábado y Natalio Botana "La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina" Revista de la integración, núm. 3 (Nov. 1968), Buenos Aires, INTAL. Reproducido en J. Sábado (comp). *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Buenos Aires, Paidós, 1975.

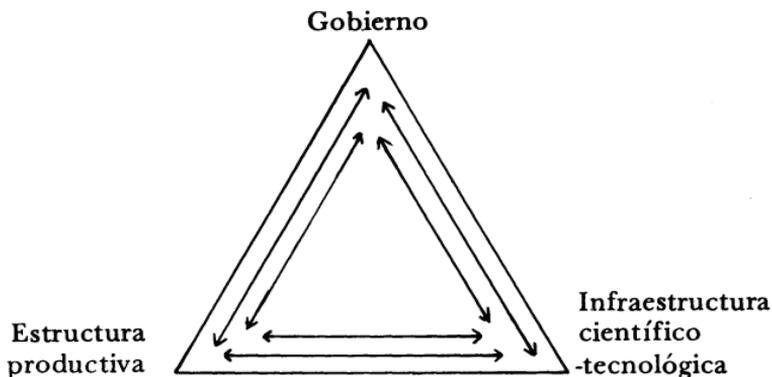


Figura 1. El "triángulo de Sábato".

lógico que Máximo Halty preparó para la OEA.¹³

Este esquema conceptual pone en relieve las interrelaciones entre el gobierno, la estructura productiva, y la infraestructura científico-tecnológica, planteando que los países latino-americanos deben participar activamente en el progreso científico y tecnológico mundial como medio para superar el subdesarrollo. Sábato y Botana emplean este esquema conceptual para proponer lo que consideran "una estrategia viable para hacer realidad la participación obligatoria y posible".

En los vértices del "triángulo de Sábato" se encuentran tres elementos que históricamente han sido fundamentales en el desarrollo científico y tecnológico de las sociedades: el gobierno,

¹³ Véase la sección siguiente.

la estructura productiva y la infraestructura científico-tecnológica. Por gobierno se entiende al “conjunto de roles institucionales que tienen como objetivo formular políticas y movilizar recursos de y hacia los vértices de la estructura productiva, y de la infraestructura científico-tecnológica a través, se entiende, de los procesos legislativos y administrativos”; a la estructura productiva se la define como el “conjunto de sectores productivos que provee los bienes y servicios que demanda una determinada sociedad”. Finalmente, el vértice infraestructura científico-tecnológica está compuesto por un “complejo de elementos articulados e interrelacionados entre sí”. Sábato y Botana explicitan cinco de estos elementos:

- (a) el sistema educativo;
- (b) las instituciones donde se realizan las investigaciones;
- (c) el sistema institucional de planificación, de promoción, de coordinación, y de estímulo a la investigación;
- (d) los mecanismos jurídico-administrativos que regulan el funcionamiento de (a), (b) y (c);
- (e) los recursos económicos y financieros aplicados a su funcionamiento.

El modelo distingue tres “niveles de relaciones”, las que se establecen dentro de cada vértice (intrarrelaciones); las que se dan entre los tres vértices del triángulo (interrelaciones); y aquellas que se establecen entre el triángulo (o bien, entre cada uno de los vértices) y el contorno externo (extrarrelaciones).

Las intrarrelaciones tienen como objetivo el “transformar a estos centros de convergencia en centros capaces de generar, incorporar y transformar demandas en un producto final que es la innovación científico-tecnológica. De tal modo, las diferentes relaciones que integran cada vértice deben estructurarse con vista a garantizar una determinada capacidad”. El vértice gobierno requiere de la capacidad para realizar una acción deliberada en la formulación y puesta en marcha de políticas y planes; el vértice infraestructura científico-tecnológica debe tener una capacidad creadora; y el vértice estructura productiva deberá contar con una capacidad empresarial que garantice el cumplimiento de su función, de producir bienes y servicios.

Sobre el segundo tipo de relaciones, Sábato y Botana afirman que la generación de una capacidad de decisión propia en el campo de la ciencia y tecnología es “el resultado de un proceso deliberado de interrelaciones” entre los tres vértices.

La interrelación entre el gobierno y la infraestructura científico-tecnológica tiene lugar a través de dos flujos: la asignación de recursos por parte del gobierno al vértice infraestructura, ya que este último “depende vitalmente de la acción deliberada del gobierno”; y el flujo de demanda por conocimientos y tecnología que genera el vértice gobierno para la infraestructura. La interrelación gobierno-estructura productiva se da mediante la acción recíproca de estos dos vértices, a través de la influencia de políticas

gubernamentales y la asignación de recursos en una dirección, y de la provisión de bienes y servicios que demanda el gobierno en la otra.

Al referirse a las extrarrelaciones o relaciones con el contorno externo, Sábato y Botana manifiestan su convencimiento sobre lo beneficioso que resulta la apertura hacia el exterior —exportación de ciencia y tecnología original e importación de tecnología— por parte del triángulo científico-tecnológico cuando éste está plenamente integrado, pero cuando los vértices de la base del triángulo tienden a “vincularse independientemente con los triángulos de relaciones científico-tecnológicas de las sociedades altamente desarrolladas” la apertura resulta perjudicial.

Sábato y Botana tenían plena conciencia que su esquema representaba una situación ideal, y que el “triángulo” propuesto por ellos no existía en la América Latina de los años sesenta. Más aún, indicaron que tampoco había “conciencia acerca de la necesidad impostergable de establecerlo”.

La primera “estrategia de desarrollo tecnológico” de la OEA

La primera oportunidad en que fue posible apreciar la influencia de los planteamientos sobre política y planificación del grupo de profesionales y asesores reunidos alrededor de Halty en la OEA, fue la reunión de expertos convocada por el comité ejecutivo del Consejo

Interamericano Cultural, que tuvo lugar en Viña del Mar, Chile, del 12 al 15 de mayo de 1969, sobre el tema de "Estrategia para el Desarrollo Tecnológico de América Latina". Las recomendaciones de este grupo de expertos, en el cual participaron, entre otros, Jorge Sábato, Víctor L. Urquidi, Raúl Sáez, Alexander King y Pierre Piganiol, sirvieron de base para la actuación del programa regional de desarrollo científico y tecnológico de la OEA durante casi todo el decenio de los setenta.

El documento de base presentado a dicha reunión fue preparado por la Secretaría de la OEA¹⁴ bajo la dirección de Máximo Halty, y contiene un marco conceptual vinculado al enfoque de sistemas, así como un diagnóstico de la situación latinoamericana en el campo de la ciencia y la tecnología hacia fines de los años sesenta.

De acuerdo al diagnóstico de la OEA, el problema principal era la falta de una infraestructura científico-tecnológica que permitiera cubrir todas las etapas del proceso de creación y difusión de conocimientos científicos y tecnológicos. Contar con una fuente local generadora de conocimientos (investigación nacional) o con una amplia gama de conocimientos importados por medio del mecanismo internacional de trans-

¹⁴ Secretaría de la Organización de Estados Americanos, Comisión Ejecutiva del Consejo Interamericano Cultural, "Situación actual del desarrollo científico y tecnológico: implicaciones al nivel de política y estrategia", Washington D.C., 1969.

ferencia tecnológica (tecnologías foráneas), no se consideraba condición suficiente para impulsar un proceso de innovación acelerado (figura 2), el cual quedaba totalmente trunco si no se contaba, además, con un sistema de difusión de conocimientos que facilitara la innovación. De acuerdo a este esquema, el proceso global de innovación tecnológica dependería de la sincronización de estos subsistemas; el mal funcionamiento de uno de los flujos ocasionaría su paralización, ya que no se generaría una demanda de investigación, o la capacidad de respuesta se vería limitada.

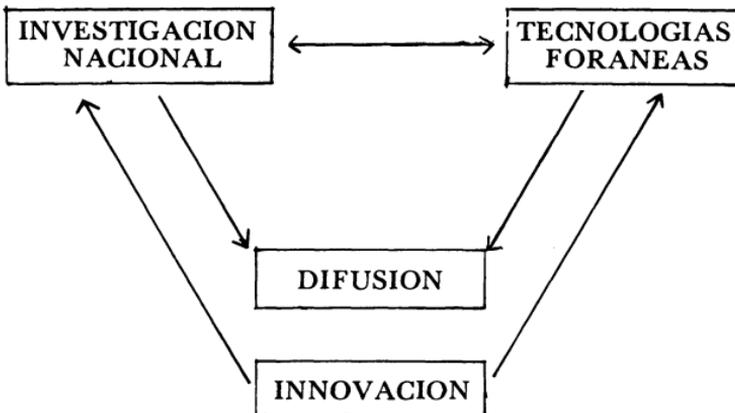


Figura 2. Esquema del enfoque diagnóstico de la OEA en 1969.

El segundo problema era la falta de coordinación entre las diversas instituciones encargadas de impulsar el proceso de innovación tecnológica, e incluso la incapacidad de estas mismas

instituciones de cumplir sus propias funciones cabalmente. La figura 3¹⁵ muestra la relación ideal entre los diversos organismos que intervienen en el desarrollo tecnológico: el *sistema gubernamental* que, a través de créditos, imposiciones o estímulos a las industrias fomenta el desarrollo tecnológico; el *sistema productivo* que, respondiendo a los incentivos estatales, solicita medios económicos al *sistema financiero* que le brinda facilidades para la innovación; y el *sistema científico y tecnológico*, capaz de satisfacer la demanda de ciencia y tecnología continuamente. Así se constituiría una infraestruc-

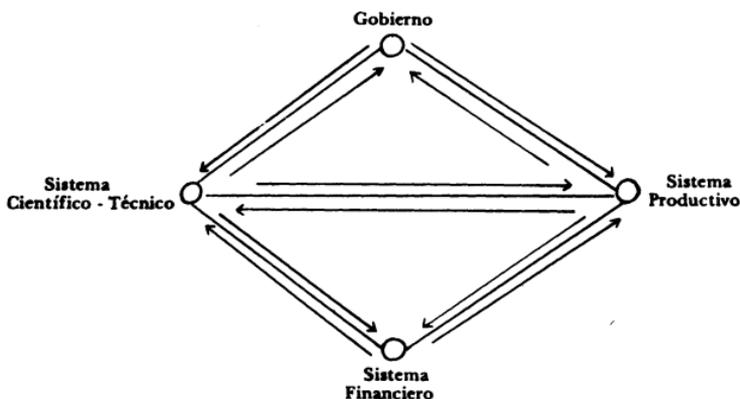


Figura 3. Interacciones entre los principales sistemas involucrados en el desarrollo científico y tecnológico, según la OEA en 1969.

¹⁵ El modelo conceptual que presenta la OEA, reproducido en la figura 3, es claramente una ampliación del "triángulo de Sábato".

tura científico-tecnológica adecuada para apoyar al sistema productivo y responder a sus demandas.

Sin embargo, en Latinoamérica los gobiernos no tenían en 1969, políticas definidas en este aspecto; la capacidad del sistema científico era muy limitada; el sistema financiero no consideraba a la investigación como una inversión razonable, lo que originó falta de recursos financieros; y por último, los empresarios eran reacios a la innovación por el alto costo y riesgo que implica. La realidad era muy diferente a la situación ideal planteada en el modelo, situación que aún permanece vigente en muchos países de América Latina.

Comentarios finales

A partir de 1970 los planteamientos iniciales vinculados a los trabajos de la OEA son desarrollados por un grupo de varios profesionales de planta y numerosos consultores, y se multiplican los esquemas conceptuales, las aplicaciones en el nivel de los estudios de base y los planes de desarrollo científico y tecnológico. Los estudios del potencial científico y tecnológico y los estudios sobre requerimientos y prioridades auspiciados por la OEA; los trabajos realizados en el Pacto Andino sobre la política tecnológica subregional con el apoyo de la OEA y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID); la estructuración de un conjunto de proposiciones sobre el enfoque de sistemas, que recogí en

mi tesis de doctorado en la Universidad de Pennsylvania; el Proyecto Piloto de Transferencia de Tecnología, auspiciado por la OEA; y el "Proyecto STPI" sobre Instrumentos de Política Científica y Tecnológica con el auspicio de la OEA y el CIID, constituyen algunas de las contribuciones principales al desarrollo de una concepción latinoamericana sobre la política científica y tecnológica, en la cual el enfoque de sistemas tuvo una influencia considerable.

Por otra parte, las reuniones cuatrienales de dirigentes de política científica, auspiciadas por la UNESCO, sirven de catalizador para intercambiar experiencias en América Latina, y para examinar los avances del enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica. Los informes nacionales contenidos en los volúmenes *La política científica y tecnológica en América Latina*, números 2 (1972), 3 (1975) y 4 (1978), publicados por la UNESCO contienen información que permite deducir el impacto que tuvo el enfoque de sistemas en la región.

LA FORMALIZACION DEL ENFOQUE DE SISTEMAS EN LA POLITICA CIENTIFICA Y TECNOLOGICA LATINOAMERICANA

La formalización del enfoque de sistemas aplicado a la política científica y tecnológica en América Latina tuvo lugar alrededor de 1971-1972, y se expresó a través de la elaboración de varios modelos conceptuales amplios y detallados. Cuatro trabajos constituyen una muestra representativa de este proceso de formalización: el ensayo de Máximo Halty sobre "Producción, transferencia y adaptación de tecnología industrial"; el trabajo de Alberto Aráoz "An Approach to Science and Technology Policy and Planning"; el documento de Félix Moreno titulado "Modelo para un sistema de producción, selección y transferencia de tecnología", y la tesis doctoral del autor "Towards a Methodology for Planning Science and Technology in Underdeveloped Countries".¹ Si bien estos cuatro trabajos

¹ Véase M. Halty, *Producción, transferencia y adaptación de tecnología industrial*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Washington D.C., 1972; A. Aráoz, "An Approach to S & T Policy and Planning" (mimeo), Sn. Agustín, Trinidad, 1974; F. Moreno, "Modelo para un sistema de producción, selección y transferencia de tecnología", en J. Sábato (editor), *El pensa-*

ponen énfasis en distintos aspectos del enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica y son de diferente extensión, todos comparten ciertas características esenciales que los hacen representativos del grado de formalización que alcanzó dicho enfoque.

El desarrollo tecnológico de acuerdo a Máximo Halty

El trabajo "Producción, transferencia y adaptación de tecnología industrial" de Máximo Halty² integró varias de sus contribuciones anteriores, consolidando una línea de pensamiento que inició en 1966. Puede considerarse como un punto de transición a partir del cual Halty se dedicó a trabajar el tema de las estrategias de desarrollo tecnológico. El modelo conceptual propuesto por Halty abarca la creación, difusión y utilización de conocimientos, considerando que en los países subdesarrollados éstas forman un "círculo vicioso". La escasa creación de conocimientos limita su difusión y aplicación, por lo cual el proceso de innovación ejerce a su vez muy poca presión de demanda sobre la gene-

miento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia, Buenos Aires, Paidós, 1974; y F. Sagasti "Towards a Methodology for Planning Science and Technology in Underdeveloped Countries", tesis doctoral, Universidad de Pennsylvania, Filadelfia, agosto de 1972.

² M. Halty, *op. cit.*

ración de conocimientos, y así sucesivamente. Este círculo vicioso no permite iniciar un proceso autosostenido de generación, difusión y aplicación de conocimientos dentro del país, dejando el campo libre para la tecnología proveniente del exterior, lo que a su vez limita aún más la presión de demanda para crear conocimientos localmente.

Halty postula que cada una de las etapas de creación, difusión y aplicación, las cuales incorporan la importación y exportación de conocimientos y tecnología, tiene sus leyes propias de oferta y demanda, y constituye un complejo de procesos en constante flujo cuyas leyes de comportamiento no son aún totalmente conocidas. Pese a que Halty trata tanto la oferta como la demanda de conocimientos en su modelo conceptual es posible apreciar un sesgo que pone énfasis en lo referente a demanda de conocimientos, tecnología e innovaciones (véase la figura 4).

De estos postulados se desprende la necesidad de romper con estos "círculos viciosos" y transformarlos en "espirales" (flechas punteadas en el gráfico). Para ello se deben elevar al mismo tiempo los niveles de oferta y demanda nacionales de innovaciones técnicas, controlando también el flujo de tecnologías provenientes del exterior, a través de una "política de orientación y control selectivo de la transferencia de tecnologías", mientras se promociona, a la vez, la exportación de tecnologías producidas en el país.

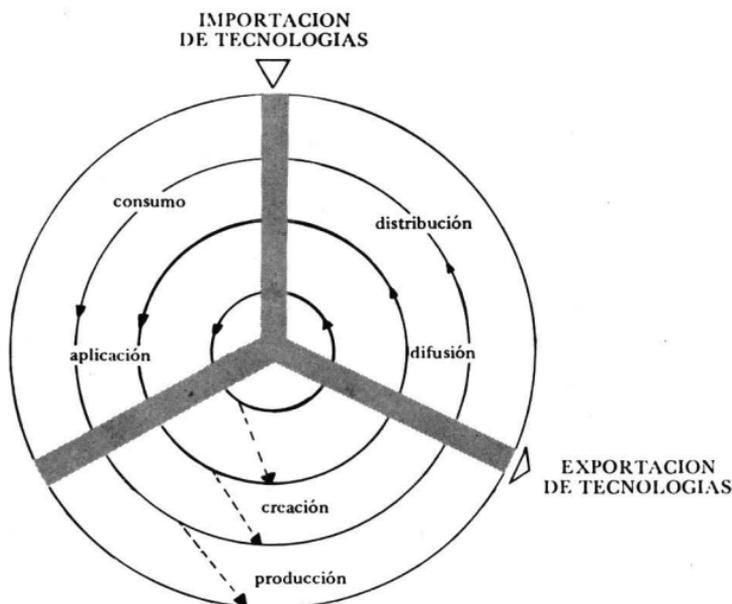


Figura 4. El proceso de desarrollo tecnológico de acuerdo a Halty.

En la figura 5, Halty destaca la importancia del control del flujo de conocimientos técnicos. En ella se indican las tres etapas del proceso de desarrollo tecnológico y se muestra la posibilidad de que existan flujos de conocimiento importado controlado y no controlado. El flujo internacional de tecnología no controlado es aquel que proviene del sistema científico técnico externo y llega directamente al sistema productivo nacional haciendo un “by-pass al sistema nacional científico y técnico” (flecha ancha en el gráfico). En cambio, en un proceso controlado de importación de tecnologías, los mecanismos

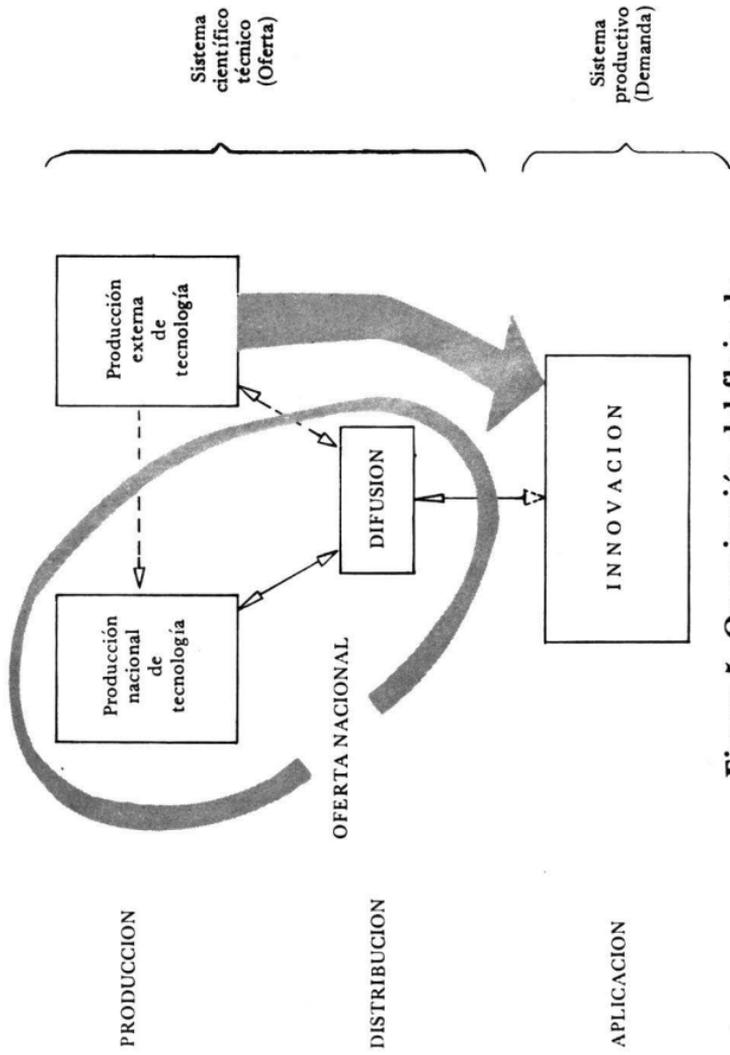


Figura 5. Organización del flujo de conocimientos.

nacionales de difusión —que se consideran parte del sistema científico-tecnológico nacional— deben “servir de nexo entre la demanda del sistema productivo y las ofertas nacional y foránea de tecnología”, integrándose así la infraestructura científica-tecnológica nacional al proceso de transferencia de tecnología.

El ensayo de Halty también examina las vinculaciones entre el proceso de industrialización y el tipo de demanda de conocimientos y tecnología. Considera cinco fases en el proceso de desarrollo industrial y describe la forma en que se comercializa tecnología y la manera en que se manifiesta la demanda de tecnología en cada una de ellas. La hipótesis central es que a medida que avanza el proceso de industrialización, se pasa de requerimientos tecnológicos de baja intensidad técnica a requerimientos de alta intensidad técnica, y que de una etapa inicial, en la cual se importa la mayoría de conocimientos, se procede hacia una última etapa en la cual se exportan conocimientos, tecnología, y bienes y productos de alta intensidad técnica. Como consecuencia, Halty postula un conjunto diferente de políticas para ser aplicado en cada etapa. Para apoyar sus planteamientos sobre las vinculaciones entre el proceso de industrialización y el tipo de comercio de tecnología y de requerimientos técnicos, Halty examinó la experiencia histórica de América Latina y la de algunos países fuera de la región.

El ensayo de Halty concluye indicando los principales componentes de una estrategia de

desarrollo científico y tecnológico, concebida mayormente en los ámbitos regional y sub-regional: promoción de la demanda efectiva de tecnología; aumento de la producción nacional, subregional y regional de tecnología; y orientación y control de la importación de tecnología. A partir de estos tres componentes de una estrategia, Halty deriva recomendaciones de política y de orden institucional, incluyendo lineamientos para la cooperación regional y subregional.

En este trabajo Halty intentó una integración de conceptos formales, apreciaciones sobre experiencias históricas, y recomendaciones de política, elaborando un esquema amplio que justifica su inclusión entre los trabajos que formalizaron el enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica de América Latina.

Las contribuciones de Alberto Aráoz

Alberto Aráoz formalizó su concepción del enfoque de sistemas en varios ensayos a principios del decenio de los 70, y el trabajo que presentó en una reunión sobre política científica en el Caribe³ resume sus puntos de vista. Aráoz parte de una conceptualización del papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo, para luego clasificar el bien “conocimiento” en varias categorías de acuerdo a su origen (local y extran-

³ A. Aráoz, *op. cit.*

jero), su tipo (tradicional y científico), y a otras dimensiones similares. Esto lo lleva a postular un modelo conceptual que relaciona el gobierno, las unidades productivas, las interacciones entre los sistemas productivo y científico, y el funcionamiento del sistema científico en sí.

Empleando como base este esquema conceptual, Aráoz identifica un conjunto de áreas de interés para la política científica y tecnológica. Estas áreas incluyen: el control de los flujos de tecnología provenientes del exterior y la adaptación y asimilación de tecnología; el establecimiento de una capacidad en el sistema científico; la orientación de las actividades científicas para producir nuevos conocimientos y servicios; la vinculación del sistema científico y los diferentes sectores de la actividad nacional; la promoción de la demanda por actividades científicas y tecnológicas domésticas; la creación de condiciones adecuadas para mejorar la productividad y la creatividad del trabajo científico y técnico; el desarrollo de recursos humanos; la difusión de la ciencia entre los diferentes sectores de la población; y el desarrollo de una capacidad técnica en las agencias del sector público.

Aráoz cubre algunas de estas áreas de interés para la política científica y tecnológica en mayor detalle. Por ejemplo, en lo referente a la transferencia y control de tecnología importada, se examina la relación entre importación de tecnología e inversión extranjera, los costos visibles e invisibles de la transferencia de tecnología,

los problemas de la evaluación y selección de tecnología, y las dificultades que afectan al proceso de transferencia de tecnología, tales como las restricciones que acompañan a la importación y la falta de conexión con el sistema científico y tecnológico local.

Otra de las áreas de interés que se examina en cierto detalle es el establecimiento de una capacidad en el sistema científico y tecnológico, destacando los conceptos de "ejes" para el desarrollo tecnológico, dentro de los cuales se identifican líneas de acción, proyectos específicos, y servicios necesarios para generar conocimiento y difundirlo al sistema productivo. Para completar su esquema, Aráoz propone criterios para la selección de proyectos de inversión en ciencia y tecnología basados en una metodología que combina criterios de "utilidad", en función de las necesidades del país, y "eficiencia" en términos de los insumos y el producto de la investigación. De esta forma se determinaría la prioridad de un proyecto o conjunto de proyectos para establecer una capacidad científica y tecnológica.

Otros aspectos que cubre el ensayo de Aráoz son el papel crítico que juegan los organismos gubernamentales en la promoción del desarrollo científico y tecnológico, las concepciones sobre tecnología a nivel de la empresa, una crítica del comportamiento tecnológico de agencias del sector público, y un análisis de los instrumentos de política científica y tecnológica. El ensayo de Aráoz puede considerarse como un trabajo de resumen que presenta con claridad las característi-

cas principales del enfoque de sistemas aplicado a la política científica y tecnológica.

El planteamiento sistémico detallado de Félix Moreno

El trabajo de Moreno⁴ ofrece un conjunto de modelos conceptuales que progresivamente incorporan mayor detalle, hasta abarcar la totalidad de actividades, funciones e instituciones involucradas en el manejo de la ciencia y la tecnología. Moreno cuestiona los objetivos básicos de la política tecnológica a partir de una constatación de la condición dependiente de América Latina, y sus puntos de vista fueron influenciados por la teoría de la dependencia y las concepciones sobre "estilos de desarrollo" de Oscar Varsavsky.⁵ Moreno plantea prescripciones de orden normativo para lo que debería ser un modelo conceptual e institucional para la política tecnológica en América Latina.

El modelo que presenta Moreno es sumamente complejo y contempla un gran número de objetivos, interacciones, actividades, instituciones, y procedimientos que intervienen en la formulación y puesta en marcha de una política de desarrollo tecnológico. Entre las ideas centrales que propone se encuentra la necesidad de enfatizar el papel de usuarios de tecnología, lo

⁴ F. Moreno *op. cit.*

⁵ Véase, por ejemplo, Oscar Varsavsky, *Estilos tecnológicos*, Buenos Aires, Ed. Periferia, 1974.

que se denomina la “demanda” de tecnología. Al adoptar la perspectiva de los usuarios y constatar el gran peso que tiene la importación de tecnología, deduce la necesidad de prestar atención privilegiada a los procesos de evaluación y selección de tecnologías provenientes del exterior.

Moreno considera que la política científica debe estar subordinada a la política tecnológica, y que esta última debe estar subordinada a la política de desarrollo económico. Por lo tanto, debe asegurarse una coherencia entre la política tecnológica y la política económica de tal manera de adecuar la primera a los objetivos de la segunda. En este proceso de adecuación de objetivos políticos, el Estado juega el papel de árbitro permanente para asegurar la convivencia de las políticas económicas y tecnológicas, y la subordinación de esta última a la primera. Moreno presenta un modelo estático pero es consciente de la necesidad de dinamizarlo y de darle una referencia histórica concreta (figura 6).

El diagrama de la figura 7 constituye una primera versión, simplificada, del modelo propuesto por Moreno. Además del sistema científico-tecnológico, que está representado por los centros de investigación y de información, se incluyen cuatro sectores: el sector gobierno, el sector productivo, el sector demanda final y el resto del mundo. El sistema educativo no se explicita en el diagrama, pero Moreno señala que éste “está apoyando todos los elementos del sistema tecnológico y es tan importante que no puede colocársele en un ángulo del diagrama,

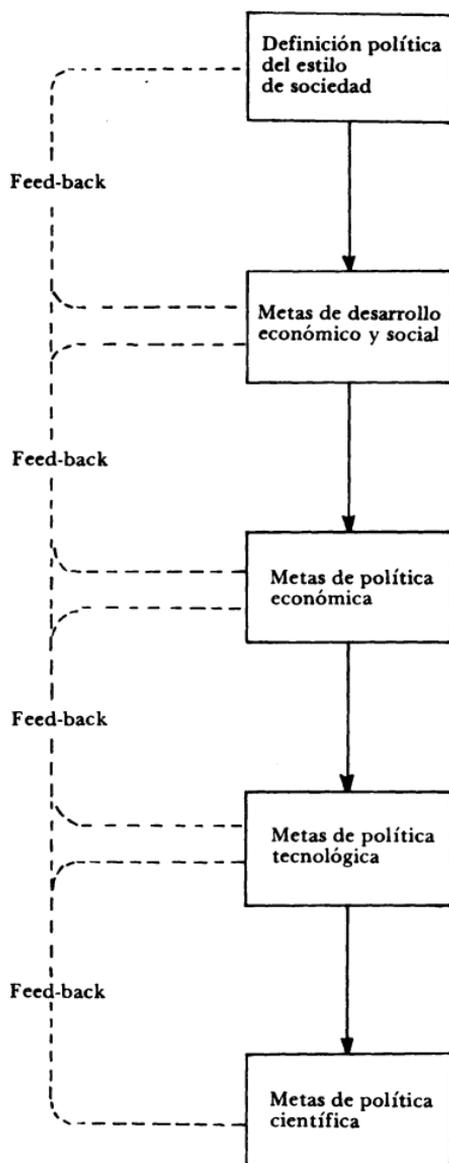


Figura 6. Interacciones entre política económica, tecnológica y científica, según Moreno.

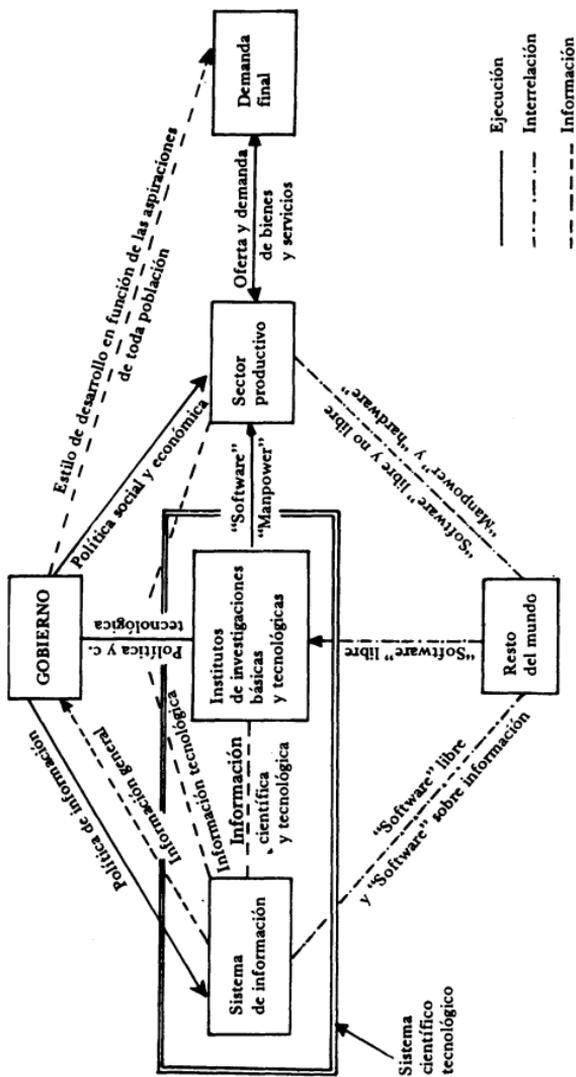


Figura 7. Elementos principales para la aplicación de una política tecnológica (Moreno).

puesto que esto sería distorsionar y disminuir su importancia”; al igual que en otros modelos, se señala como producto del sistema educativo la dotación de recursos humanos preparada y entrenada.

Para explicar el funcionamiento del modelo, Moreno introduce dos conceptos que emplea a lo largo de su ensayo: el de “software” y el de “hardware”. El primero se refiere al know-how y a la tecnología no incorporada en las máquinas. Dependiendo de que si éste es un bien comerciable o no, se le denominará “software libre” y “software no libre”, respectivamente. El segundo concepto se refiere a la tecnología incorporada en maquinarias y equipo.

Moreno propone un organigrama complejo para ubicar a todas las instituciones encargadas de los diversos aspectos de la política científica y tecnológica, distinguiendo 16 tipos de instituciones y señalando las interacciones entre cada una de ellas (figura 8). De esta forma, Moreno desarrolla un amplio esquema sistemático y normativo, en el cual se definen instituciones y se establecen las funciones que cada una de ellas debe realizar para lograr que la política científica y tecnológica contribuya a los objetivos del desarrollo y de la transformación de estructuras sociales y económicas.

El enfoque de sistemas de Francisco R. Sagasti

El cuarto trabajo representativo de la formalización del enfoque de sistemas es el más ex-

tenso de los cuatro reseñados en este capítulo y fue preparado como tesis de doctorado por el autor en 1971-72.⁶ Por su naturaleza académica, nunca fue publicado en su totalidad, si bien varias partes han sido publicadas independientemente. Este trabajo estudia y evalúa los métodos disponibles hasta ese momento para la planificación científica y tecnológica, contrastándolos con las características de la situación latinoamericana y examinando su aplicabilidad. En base a esta evaluación se desarrollaron metodologías y procedimientos para mejorar el proceso de planificación científica y tecnológica.

Como marco de referencia para conceptualizar el proceso del subdesarrollo e identificar el papel que la ciencia y la tecnología jugaban en él se adoptó el enfoque "estructuralista" desarrollado por los teóricos latinoamericanos, principalmente en la CEPAL. Se consideró el subdesarrollo como un fenómeno en sí mismo, que reflejaba la expansión del sistema capitalista a nivel mundial y la inserción de la región latinoamericana en la división internacional del trabajo en forma subordinada. Se definió luego el proceso de desarrollo, incorporando el progreso técnico como uno de sus componentes esenciales. Esto permitió relacionar directamente las preocupaciones referentes al desarrollo de una capacidad científica y tecnológica con la situación socioeconómica de América Latina y con

⁶ F. Sagasti, *op. cit.*

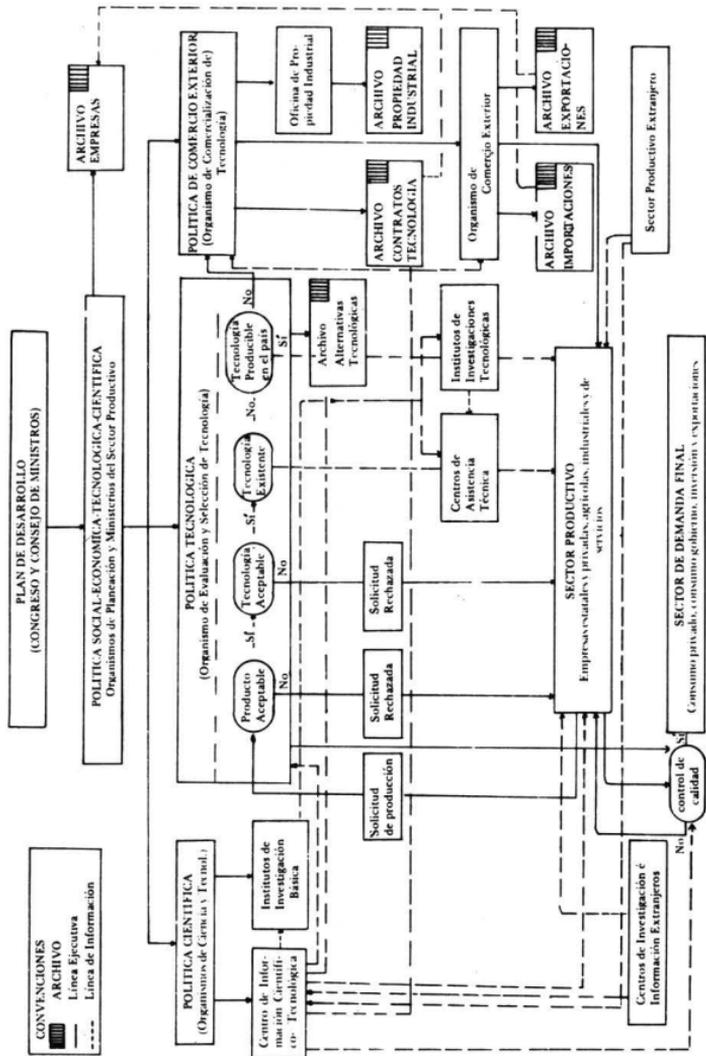


Figura 8. El esquema organizativo-funcional de Moreno. Sistema nacional de producción, selección y transferencia de tecnología.

una conceptualización más amplia del proceso de desarrollo.

Considerando que uno de los objetivos del trabajo fue desarrollar marcos conceptuales y metodológicos de utilidad práctica para quienes toman decisiones sobre el desarrollo de la capacidad científica y tecnológica, uno de los capítulos define los conceptos de “políticas”, “planificación”, “planes”, “categorías de decisiones”, y otros similares.

El desarrollo de marcos conceptuales y de metodologías para la planificación científica y tecnológica en América Latina fue precedido por una reseña crítica de los métodos y procedimientos de planificación disponibles, desarrollados mayormente en los países altamente industrializados. Esta reseña, que fuera publicada como una monografía independiente,⁷ llegó a la siguiente conclusión:

Nuestra reseña de la vasta literatura sobre el tema política y planificación científica y tecnológica nos lleva a la conclusión de que se han hecho muy pocos esfuerzos teóricos en la dirección de conceptualizar las actividades de investigación y desarrollo, transferencia y tecnología, normalización, servicios técnicos, etc., como un sistema total e interrelacionado. También encontramos muy pocas referencias que incluían a las actividades científicas

⁷ F. Sagasti, “A Systems Approach to Science and Technology Policy Making and Planning”, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Washington D.C., 1970.

cas y tecnológicas en el contexto de la nación sistema como marco de referencia.

Esta revisión de la literatura, unida al enfoque estructuralista adoptado para conceptualizar el fenómeno del subdesarrollo y proponer un concepto del proceso de desarrollo, motivaron la formulación de algunos modelos conceptuales para organizar las complejas interrelaciones entre las actividades científicas y tecnológicas y el contexto social en el cual tienen lugar. Para este efecto se desarrolló un modelo conceptual de la nación como sistema, del sub-sistema científico y tecnológico, y de los usuarios potenciales de conocimiento.⁸ El modelo conceptual de la nación como sistema consideraba, además del sub-sistema científico y tecnológico, a los sub-sistemas económico, educativo, físico-ecológico, demográfico, y a un sistema regulador que abarcaba al sistema político y al sistema cultural. Los productos generados por estos varios sub-sistemas se dirigen hacia la actividad de consumo final, y se considera, además, las importaciones y exportaciones de productos generados por cada uno de estos sub-sistemas.

Una vez descrito este marco dentro del cual opera el sub-sistema científico y tecnológico, se profundizó en la conceptualización del sub-sistema científico y tecnológico, considerando que las actividades comprendidas en él transformaban los flujos del bien intangible "conoci-

⁸ Véase el apéndice A.

miento". El modelo conceptual propuesto plantea la existencia de flujos de conocimiento que se transforman sucesivamente hasta ponerse a disposición de los usuarios. Así las actividades de investigación y desarrollo —que comprenden investigación básica, investigación aplicada, y desarrollo— transforman el conocimiento básico hasta convertirlo en conocimiento listo para ser utilizado, y las actividades de transferencia de tecnología —búsqueda e identificación, e investigación adaptativa— transforman los conocimientos potencialmente utilizables importados y los ponen a disposición de los usuarios. Las actividades de difusión e investigación de producción, esta última estrechamente vinculada a la innovación completan el conjunto de actividades que transforman el conocimiento.

El marco conceptual propuesto considera también una descripción de las actividades del usuario potencial, incluyendo a la identificación de problemas, el pedido de información general sobre el uso de conocimientos, la solicitud de información específica, la incorporación del conocimiento científico y tecnológico en las actividades productivas, y el empleo del conocimiento en forma continua. Se examinó la forma en que cada una de estas actividades se vincula con la difusión de conocimientos provenientes del sistema científico y tecnológico, tomando en cuenta además, los factores que afectan las decisiones tecnológicas de los usuarios potenciales.

Estos modelos conceptuales llevaron a un análisis de los patrones institucionales y organiza-

tivos del sistema científico y tecnológico, y a propuestas para la recopilación de datos sobre el sistema científico y tecnológico. Se propuso una clasificación de las actividades de investigación, examinando su correspondencia con las definiciones adoptadas por la Organización de Cooperación Económica y de Desarrollo (OCDE), la UNESCO y las propuestas de la OEA.

Un examen de la evolución histórica de la economía latinoamericana, un análisis crítico de las características del sistema económico, una breve reseña de las características de los otros sistemas que forman el contexto del sistema científico y tecnológico, y un análisis detallado de las características del propio sistema científico y tecnológico permitieron contrastar los modelos conceptuales con la realidad latinoamericana. Se llegó así a la conclusión de que los esfuerzos para el desarrollo de una capacidad científica y tecnológica local en América Latina deben enfrentarse a tendencias cuyas raíces se encuentran en la época colonial y se proyectan hasta la primera parte del presente siglo; que existe un conjunto de características del contexto del sistema científico y tecnológico, tales como políticas gubernamentales, patrones culturales y políticas educativas, que constituyen lo que se denominó una "política científica y tecnológica implícita negativa"; y que la naturaleza de las actividades de los diferentes sistemas en la nación y sus interrelaciones hacia lo que parecería como racional desde el punto de vista del país en su conjunto, era frecuentemente inconsistente con

el comportamiento racional individual del empresario o del científico.

A partir de los marcos conceptuales y del estudio de la situación latinoamericana se propuso un esquema metodológico para la planificación científica y tecnológica, el cual comprendía cinco categorías de decisiones:

1. La definición de objetivos a largo plazo y de una imagen del futuro deseado del sistema,
2. Las decisiones que refieren a los patrones de interacción con los sistemas relacionados y sus áreas de decisión.
3. Las decisiones respecto de la infraestructura institucional del sistema.
4. El alcance y la naturaleza de las actividades a llevar a cabo por el sistema.
5. Las decisiones respecto a la asignación de todo tipo de recursos.

Se postuló que estas cinco categorías de decisiones representan respectivamente los campos de planificación *estilística*, *contextual*, *institucional*, *de actividades* y *de recursos*. La interacción entre estas categorías se puede resumir indicando que los recursos que asignan a actividades por intermedio de instituciones, tomando en cuenta el contexto, a fin de alcanzar los objetivos deseados. El enfoque de planificación adoptado se derivó de los desarrollos planteados por lo que se ha denominado la "escuela de Filadelfia" en planificación, la cual pone más énfasis en el proceso de planificación que en el resultado del mismo en la forma de planes y programas. Se considera a la planificación como un proceso continuo de

toma de decisiones por anticipado, referidas a situaciones que aún no se han presentado pero que se espera han de presentarse en el futuro.

El análisis de la situación latinoamericana, realizado en función de los marcos conceptuales desarrollados anteriormente, demostró que las categorías de planificación institucional y contextual eran de particular importancia en el campo de ciencia y tecnología, y los desarrollos realizados por la "escuela de Filadelfia" en planificación señalaron la importancia de diseñar objetivos a largo plazo. Esto contrastaba con lo observado en la reseña de métodos de planificación disponibles, los cuales se concentraron en la asignación de recursos y la definición de prioridades para realizar actividades.

Además de plantear en forma conceptual los métodos de planificación para cada una de estas cinco categorías de decisiones, la tesis doctoral del autor desarrolló un procedimiento para la planificación contextual, en el cual se introdujo el concepto de "política explícita equivalente" y el concepto de "instrumentos indirectos de políticas". Ambos conceptos se aplicaron a un estudio de la situación latinoamericana y a un análisis empírico de las actividades del Banco Industrial del Perú y su impacto en el desarrollo de la capacidad científica y tecnológica del sector farmacéutico.

Se desarrollaron también procedimientos para la planificación institucional, los cuales se aplicaron al diseño de un organismo central de política científica y tecnológica, y al diseño de un centro de investigación en ciencias sociales.

Algunas comparaciones

Los trabajos de Halty, Aráoz, Moreno y Sagasti muestran el grado de formalización que alcanzó el enfoque de sistemas aplicado a la política científica y tecnológica latinoamericana. Todos ellos comparten las características básicas, pese a lo cual difieren en cuanto al énfasis que le dan a uno u otro componente del proceso de desarrollo científico y tecnológico. Los cuatro autores destacan el papel de la demanda por conocimientos y tecnología, subordinando el papel del sistema científico y tecnológico a los grandes objetivos nacionales. Señalan también la importancia del proceso de importación de conocimientos y de tecnología, mostrando la necesidad de balancearlo con la generación local de conocimientos. Todos postulan que es imprescindible desarrollar una capacidad científica y tecnológica propia, para lo cual la intervención del Estado y la definición de políticas científicas y tecnológicas explícitas es una condición necesaria.

Por otra parte, los trabajos de Halty y de Sagasti ponen énfasis en los aspectos históricos, mientras que Moreno y Aráoz prestan atención principalmente a la elaboración de marcos y modelos conceptuales a los planteamientos de orden institucional. Los trabajos se distinguen también por la orientación general de sus conclusiones: Halty plantea la necesidad de desarrollar el concepto de estrategias tecnológicas; Aráoz emplea la idea de áreas críticas de decisión como mecanismo para ordenar la formulación de políticas y

su implementación; Moreno extrae conclusiones para el ordenamiento institucional y normativo de la política científica y tecnológica; y Sagasti concluye destacando la importancia del proceso de política y planificación, la armonización de políticas explícitas e implícitas, y las diferentes categorías de decisiones para la planificación del desarrollo científico y tecnológico.

Los cuatro autores reseñados en esta sección son conscientes de las limitaciones de sus planteamientos. La utilidad y aplicabilidad del enfoque de sistemas ha sido un tema ampliamente debatido, y merece destacarse que al momento de formalizarse este enfoque, se tenía una clara idea de sus posibilidades y limitaciones. Por ejemplo, Aráoz⁹ indica en el prefacio al documento que reseñamos en esta sección que:

Es necesario señalar que no existen metodologías de planificación estandarizadas en este campo, particularmente en los países en desarrollo. Esta área está todavía en un estado de flujo en el mundo: no pueden esperarse soluciones claras y definidas. Cada país deberá buscar su propia solución a través de un esfuerzo en el cual los diferentes grupos deberían participar —funcionarios gubernamentales, planificadores, economistas, representantes del sector agropecuario, industrial, y de otros sectores productivos, científicos y tecnológicos. Es importante señalar algunos lineamientos para este ejercicio, pero la planificación científica y tecnológica debe considerarse como un proceso acumulativo en el cual un número de interacciones tendrá lugar a todos los niveles.

⁹ Aráoz, *op. cit.*

Halty y Moreno hacen comentarios similares en sus trabajos y yo hice una serie de advertencias al plantear las propuestas metodológicas. Estos aspectos serán examinados más adelante al tratar sobre las críticas y perspectivas del enfoque de sistemas aplicado a la política científica y tecnológica latinoamericana.

LA DIFUSION DEL ENFOQUE DE SISTEMAS

Además de los cuatro trabajos que formalizaron el enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica latinoamericana, durante el decenio de los setenta se desarrollaron numerosos esquemas conceptuales que emplearon el enfoque de sistemas como uno de sus componentes. Aquí examinaremos brevemente los principales desarrollos asociados a la difusión de las ideas del enfoque de sistemas.

El estudio de los requerimientos

Las propuestas metodológicas iniciales de la OEA en el campo de los requerimientos científicos y tecnológicos fueron ampliadas y modificadas por Gargiulo,¹ en los trabajos que realizó en Chile a principios de los años 70. De acuerdo a Gargiulo:

El análisis de los requerimientos y demandas de ciencia y tecnología intenta definir la orientación e intensidad del esfuerzo científico-tecnológico

¹ Gerardo Gargiulo, *Estudio de los requerimientos de tecnología* (mimeo), 1972.

necesario para solucionar problemas socio-económicos, es decir, *identificar y evaluar las tareas que pueden tener valor instrumental para mejorar el funcionamiento de las actividades económicas, sanitarias, educativas, etc.* Sus resultados son válidos para el conjunto de actividades científico-tecnológicas orientadas y referidas a problemas externos al propio sistema científico y tecnológico (Subrayado en el original).

Gargiulo postula que los estudios de requerimientos se dan a tres niveles de agregación: global, sectorial y entidad usuaria, y pone énfasis en el segundo y en el tercer nivel, si bien reemplaza el concepto de “sector” por el de “área de aplicación”. Gargiulo también sugiere pautas para el análisis de los problemas estructurales en las áreas de aplicación, y su trabajo concluye con un examen de la forma de definir requerimientos a nivel de los usuarios.

El ensayo de Gargiulo sobre requerimientos representa la culminación de una línea de trabajo que se inició con la adaptación de los estudios realizados por la OECD al contexto latinoamericano, y algunas de sus ideas fueron incorporadas más tarde en los trabajos realizados sobre el “enfoque sectorial”.

El proyecto piloto de transferencia de tecnología

El proyecto piloto de transferencia de tecnología fue un intento de pasar de la etapa de estudios y diagnóstico a la etapa de experimentación

y ensayo de mecanismos alternativos, previamente a una proyectada etapa "operacional" en la cual se establecerían mecanismos institucionales permanentes. Fue concebido y organizado por el Departamento de Asuntos Científicos de la OEA y pese a una serie de dificultades financieras y organizativas, fue llevado a cabo durante 1972-1975. La concepción inicial del Proyecto Piloto parte de unos trabajos de Máximo Halty, complementados con los aportes de Carlos Martínez Vidal.² El objetivo central del proyecto era: "...detectar y experimentar mecanismos nacionales y regionales que permitan mejorar el proceso de transferencia de tecnología hacia y dentro de América Latina".³

En el nivel específico, el Proyecto Piloto se proponía:

Experimentar mecanismos concretos de transferencia de tecnología de modo de definir el interés existente en los países por los servicios ofrecidos y las necesidades y requerimientos de los mismos, determinar la viabilidad de los mecanismos e instrumentos a establecer, y concretar las modalidades de realización.

La evaluación y resultados de la experimentación debería permitir determinar los mecanismos más

² Véase, por ejemplo, Máximo Halty C. y Carlos Martínez Vidal, "Una experiencia regional en transferencia de tecnología: El proyecto piloto para América Latina", en K. Stanzick y P. Schenkel (editores), *Ensayos sobre política tecnológica en América Latina*, Quito, ILDIS, 1974.

³ Departamento de Asuntos Científicos, OEA, *IV Reunión de Coordinadores de los Puntos Focales, Nacionales del Proyecto Piloto de Transferencia de Tecnología, Evaluación e Informe Final*, DOC. SG/PI/PPTY/34/35, junio de 1975.

apropiados a instaurar el nivel nacional, subregional y regional, así como la conveniencia de establecer mecanismos institucionales de colaboración subregional y regional en la etapa operacional subsiguiente.

La experimentación del Proyecto Piloto se realizó a través de una red institucional a nivel regional y subregional, en la cual se organizaron puntos focales nacionales en 11 países, un punto focal subregional para Centroamérica, y un punto focal subregional como organismo coordinador en la Secretaría de la OEA. Se eligieron tres sectores industriales prioritarios para conducir el experimento, el cual comprendió actividades de estudio, asistencia técnica, adiestramiento y experimentación en el flujo de información. La unidad de análisis principal para conducir el experimento fue el "requerimiento tecnológico", formulado por una entidad a nivel nacional (empresa, centro de investigación), canalizado hacia el punto focal nacional, diseminado hacia los otros puntos focales nacionales, y el punto focal regional, y respondido por estos últimos en términos de información técnica, asistencia técnica, entrenamiento de personal, estudios de factibilidad, etc., a fin de apoyar las actividades de la entidad que formuló el requerimiento tecnológico inicialmente.

El Proyecto Piloto enfrentó lo que se denominó en el informe final "cinco grandes desafíos". El primero fue su carácter de "experimentación social", ya que dejó el ámbito de los estudios y pasó a inter-actuar con quienes deman-

dan, producen y comercializan información tecnológica. El segundo desafío consistió en “basar una parte de la experiencia en casos concretos”, con la idea de formular políticas y recomendaciones a través de un proceso de “inducción” distinto al normativo-deductivo-abstracto que caracterizaba a la política sobre transferencia de tecnología latinoamericana hasta entonces. El tercer desafío involucró el proponer un proceso de “aprendizaje institucional” colectivo, diseñando puntos focales nacionales flexibles que pudieran evitar las dificultades de orden burocrático tradicional. El cuarto desafío era realizar este proceso de experimentación a escala piloto en un ámbito geográfico muy extenso: América Latina en su conjunto. Por último, el quinto desafío se refirió al tiempo limitado disponible para realizar el experimento.

El enfoque y la metodología empleada en el Proyecto Piloto, se derivaron claramente los planteamientos sobre el enfoque de sistema reseñados en las secciones anteriores. Al referirse a las actividades del “Programa de transferencia de tecnología” del Departamento de Asuntos Científicos de la OEA, del cual el Proyecto Piloto era parte integral, la Secretaría de la OEA señaló claramente que:

Se ha considerado los mecanismos de la transferencia internacional de tecnología como un “sistema”, es decir, como un conjunto de elementos en interacción.

Este sistema funciona a manera de enlace entre el sistema científico, técnico y el sistema productivo.

En las condiciones de América Latina, el subsistema de la oferta está desequilibrado a causa de la debilidad de la innovación local en la relación con las importaciones de tecnología, el subsistema de la demanda está conectado, inducido, por la oferta extranjera, en razón tanto de la influencia de los modelos culturales y de consumo, como de las intervenciones del capital extranjero de la economía. El sub-sistema jurídico de patentes y acuerdos de licencias, refuerza esta dependencia y ocasiona prácticas comerciales restrictivas perjudiciales y un costo elevado de la transferencia. El programa de acción para modificar la realidad actual está concebido él mismo como un sistema. Por lo tanto, el problema que se plantea es el de la utilización de los conocimientos y la puesta en marcha de los medios de acción para construir este sistema: a partir de un estado inicial de hecho (la situación del mercado internacional de la tecnología), y los objetivos de los países, como definir y lograr un "sistema-objetivo", y como acercarse al mismo progresivamente, siguiendo una trayectoria de mejoramiento y de transformación de la situación de partida.⁴

El Proyecto Piloto generó varias decenas de documentos de trabajo y ayudó a clarificar conceptos y establecer la forma en que operaban los flujos de información y los mecanismos para la transferencia de tecnología en la práctica. Si bien los resultados finales fueron un tanto inciertos debido a la amplitud del esfuerzo, lo escaso de los recursos y lo limitado del tiempo disponible para llevar a cabo el experimento,

⁴ Departamento de Asuntos Científicos, OEA, *op. cit.*

el Proyecto Piloto permitió formular una serie de conclusiones y recomendaciones parciales para mejorar el proceso de transferencia de tecnología hacia y dentro de la región. Las contribuciones abarcaron las metodologías para la evaluación de alternativas tecnológicas, la desagregación del paquete tecnológico, la formulación de requerimientos tecnológicos, la negociación en la compra de tecnología, la búsqueda de alternativas tecnológicas, y otros aspectos similares. Además, el Proyecto Piloto contribuyó al desarrollo del “enfoque” sectorial, a través del aporte de experiencias concretas en las cuales se pudo observar la importancia de considerar al sector como unidad de análisis para la formulación y puesta en práctica de políticas tecnológicas.

El enfoque sectorial

La evolución de estas ideas desarrolladas a partir del enfoque de sistemas condujo gradualmente hacia un balance entre los extremos de las políticas científicas y tecnológicas globales y las acciones específicas en el nivel de empresa, centro de investigación, o de firma consultora. Esto llevó naturalmente hacia considerar el sector rama industrial como unidad de análisis, y la transición se observa claramente en el Proyecto STPI sobre instrumentos de política científica y tecnológica (véase a partir de la pág. 74 y el capítulo 5).

En el caso del Proyecto Piloto, las contribuciones al enfoque sectorial surgen de la confrontación de los esquemas metodológicos para iden-

tificar y procesar los requerimientos tecnológicos con la realidad técnica y administrativa prevaliente en las ramas industriales. En particular, los trabajos sobre el sector químico⁵ demostraron que los conceptos de gestión tecnológica, desagregación tecnológica, y otros similares deben vincularse a las características técnicas específicas del sector bajo estudio. En el Proyecto STPI el concepto de "rama como sistema" introdujo las consideraciones sectoriales en las guías metodológicas.⁶

Por otra parte, Sábato desarrolló el concepto de "régimen de tecnología", el cual puede aplicarse al sector industrial en su conjunto y a las diversas ramas industriales.⁷ Un régimen de tecnología según Sábato se define por "el conjunto de disposiciones que normarían la producción y comercialización de la tecnología necesaria para llevar adelante la política industrial". Sábato arguye que "la tecnología, pese a su rol

⁵ Véanse, por ejemplo, el documento "Bases para un plan de trabajo para el sector químico y petroquímico", proyecto piloto de transferencia de tecnología, Departamento de Asuntos Científicos, OEA (PPTT/9), Washington D.C., agosto de 1974; y José Giral, "Esquema metodológico para la documentación de casos con éxito en la transferencia, adaptación y desarrollo de tecnología química aplicada", proyecto piloto de transferencia de tecnología, Departamento de Asuntos Científicos, OEA (PPTT/11), Washington D.C., enero de 1975.

⁶ F. Sagasti y A. Aráoz, *Estudio de los instrumentos de política científica y tecnológica en países de menor desarrollo*, Washington D.C., Departamento de Asuntos Científicos, OEA, 1975.

⁷ Jorge Sábato, "Bases para un régimen de tecnología", en K. H. Stanzick y P. Schenkel (editores), *Ensayos sobre política tecnológica en América Latina*, ILDIS, Quito, 1974.

específico y fundamental en el sector industrial no suele aparecer en el esquema de la política industrial, sino en forma implícita, y cuando lo hace en forma explícita generalmente no es de manera precisa sino con extrema ambigüedad mediante proposiciones genéricas”.

Para explorar en la práctica y demostrar la aplicación de los conceptos propuestos por Sábato, un equipo de trabajo en el que participaron Roque Carranza y Gerardo Gargiulo además de Sábato y otros autores, desarrolló un esquema de régimen de tecnología para la fundición ferrosa en Argentina.⁸ Este trabajo demostró la factibilidad de diseñar un conjunto de políticas e instrumentos coherentes utilizando el enfoque sectorial, tomando en cuenta las características específicas de la tecnología, y respetando las restricciones que impone la naturaleza del cambio técnico en una rama industrial.

El enfoque sectorial cobró mayor fuerza en la segunda mitad del decenio de los 70 y se encuentra, a principios de los 80, en un proceso de consolidación. El IV Seminario Metodológico sobre Política Científica y Tecnológica, auspiciado por la OEA, y que tuvo lugar en Washington en 1976, trató sobre el tema de “Estrategias para el cambio tecnológico en un marco sectorial”.⁹ En

⁸ J. Sábato, R. Carranza, G. Gargiulo y otros, “Ensayo de régimen de tecnología el caso de la fundición ferrosa” (mimeo), Buenos Aires, septiembre de 1974.

⁹ OEA, Departamento de Asuntos Científicos, “Resumen y Conclusiones, IV Seminario Metodológico sobre Política Científica y Tecnológica”, Washington D. C., 1976.

este Seminario se examinaron algunos resultados del proyecto piloto de transferencia de tecnología y del proyecto STPI sobre instrumentos de política científica y tecnológica, y en sus conclusiones y recomendaciones se planteó claramente la importancia del enfoque sectorial. Entre otras cosas se señaló que este enfoque permite pasar de planteamientos generales a un conjunto de acciones concretas, y que las estrategias en un marco sectorial constituyen un nivel de convergencia entre las estrategias nacionales para el desarrollo socio-económico y científico-tecnológico, y las que se establecen a nivel de las empresas y organizaciones involucradas en investigación, desarrollo, ingeniería y producción.

La influencia de los planteamientos sobre sistemas es evidente en las formulaciones adoptadas por el enfoque sectorial. Por ejemplo, las conclusiones del IV Seminario Metodológico mencionado anteriormente se define al "sector" como sigue:

El sector está constituido por el conjunto de entidades que desempeñan los principales roles económicos y científico-tecnológicos en el desarrollo de un determinado grupo de actividades productivas y que interactúan íntimamente entre sí, formando un todo coherente desde el punto de vista de las estrategias para el cambio tecnológico. Es importante destacar que este concepto de sector no corresponde al de sector económico ya que no sólo incluye ciertas actividades productivas, sino que también entidades de Gobierno y otros agentes económicos y científico-tecnológicos.

Más recientemente, Mason¹⁰ ha refinado el enfoque sectorial a través de trabajos de carácter teórico y empírico, sosteniendo que es necesario emplear lo que denomina un “enfoque de sistemas multidisciplinario” para formular y poner en práctica políticas de desarrollo tecnológico a nivel de sectores productivos”. Mason parte de la constatación de que los esfuerzos que se han realizado hasta la fecha en materia de ciencia y tecnología han tenido resultados limitados en lo que se refiere a incrementos reales de productividad y de ingreso. Sostiene que el bajo rendimiento de las inversiones en ciencia y tecnología se debe a que éstos se dirigieron, en su mayor parte, a la investigación y desarrollo (I & D). Esto se hizo así porque se suponía que “Las inversiones al nivel del I & D pondrían en marcha una secuencia más o menos automática: investigación-desarrollo experimental-ingeniería-producción-mercadeo.” El tiempo se encargó de demostrar la inexactitud del supuesto y la necesidad de buscar nuevos esquemas de trabajo.

En la práctica las empresas organizan sus actividades en términos de productos, y las decisiones que toman los ejecutivos no sólo se basan en consideraciones tecnológicas, sino también toman en cuenta factores tales como la capa-

¹⁰ Orlando Mason, “The Sectorial Systems Approach to Science and Technology Policy Planning: Integrated Programs for Specific Products”, IV Caribbean Seminar on Science and Technology Policy and Planning, Barbados, mayo de 1980, Dpt. of Scientific Affairs, OEA/OAS, Washington D.C., 1980.

cidad de financiamiento, el mercadeo, la capacidad empresarial, etc. El enfoque tradicional de I&D gira alrededor de disciplinas científicas y centra su acción en áreas-problema tecnológicas dejando de lado estos otros factores. Por esto Mason afirma que “si uno espera que la ingeniería local, el desarrollo experimental y las actividades de I&D contribuyan efectivamente a expandir y mejorar la producción, se hace necesario adoptar un enfoque sistemático multidisciplinario y ubicar estas actividades dentro de un marco de programas integrados para productos específicos”.

En la figura 9, que recuerda a los esquemas de Halty, Mason vincula los conceptos de cambio tecnológico y crecimiento económico. Las nuevas tecnologías, generadas localmente o transferidas desde el exterior, y su aplicación a través de las inversiones conducen a una nueva producción de bienes y servicios que acarrea, a su vez, un mayor crecimiento económico.

El modelo conceptual propuesto por Mason (figura 10) señala cómo el gobierno, a través de los instrumentos de política económica y tecnológica, actúa sobre el proceso tecnológico que incluye las etapas de investigación, desarrollo, ingeniería, bienes de capital, producción y mercadeo. Asimismo, se aprecia la interrelación existente entre el sistema local y los sistemas externos.

Mason distingue tres niveles para la gestión gubernamental en la planificación científica y tecnológica: el global o agregado, el sectorial o

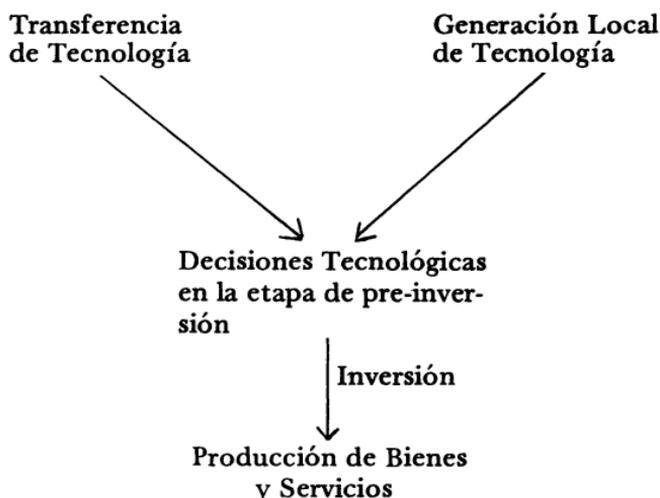


Figura 9. Cambio técnico y crecimiento económico de acuerdo a Mason.

de área problema, y el del producto o servicio específico. Para Mason la gestión gubernamental para concertar acciones debe poner énfasis en el nivel sectorial, hacia el cual convergen las acciones que se realizan en los niveles global y de productos específicos. El enfoque sectorial permitiría superar las limitaciones de las políticas globales, que carecen de un sentido de lo concreto en materia de tecnología, y las de políticas empresariales, que carecen de un marco de referencia.

La política tecnológica subregional andina

Tomando como base la Decisión 24 sobre tratamiento común a las inversiones extranjeras y a

la transferencia de tecnología, el Grupo de Política Tecnológica de la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC) realizó una serie de estudios para formular una política tecnológica subregional en el Pacto Andino. Estos estudios iniciales, realizados con el apoyo del centro internacional de investigaciones para el desarrollo (Canadá) y del programa regional de desarrollo científico y tecnológico de la OEA, cubrieron aspectos tales como la importación de tecnología en la subregión, la política tecnológica en varios países extranjeros (Japón, Yugoslavia, Italia), la desagregación del paquete tecnológico, la búsqueda internacional de tecnología, el funcionamiento de los institutos de investigación tecnológica en la subregión, los incentivos para el desarrollo tecnológico y la estructura organizativa del estado para la política tecnológica.

Los estudios de la Junta se realizaron independientemente de la corriente vinculada al “enfoque de sistemas”, pese a lo cual hubo una estrecha relación entre el Grupo de Política Tecnológica de la JUNAC y varios de los exponentes e instituciones vinculados a dicha corriente. Por ejemplo, el informe de síntesis de los estudios¹¹ señala las diferencias entre “política tecnológica” y “política científica”, examina las relaciones entre políticas tecnológicas y económicas y analiza el concepto de estrategia tec-

¹¹ Junta de Acuerdo de Cartagena, *Technology Policy and Economic Development*, Ottawa, International Development Research Center (IDRC), 1975.

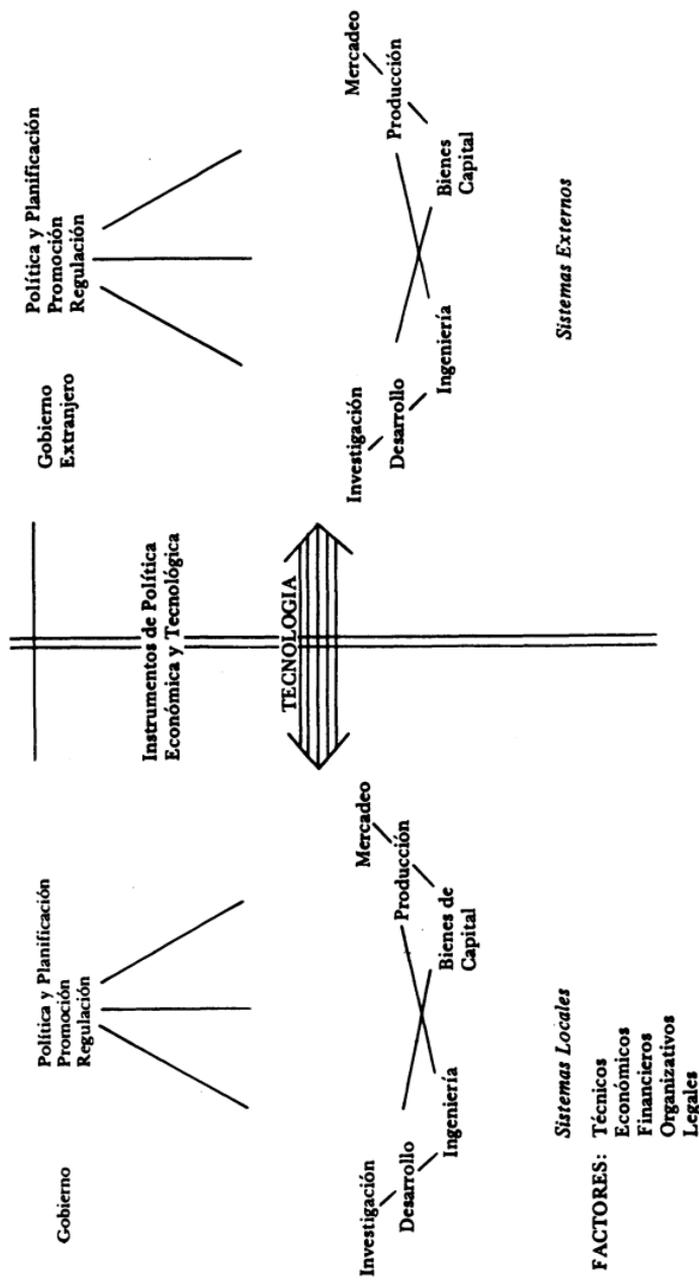


Figura 10. Resumen del modelo conceptual planteado por Mason.

nológica, temas tratados ampliamente por quienes estuvieron vinculados a dicho enfoque.

La política tecnológica subregional adoptada por el Grupo Andino y las decisiones 84 y 85 que le dieron forma jurídica, constituyen un esquema coherente que plantea políticas e instrumentos para la importación de tecnología, la asimilación de tecnología, la creación y adaptación de conocimiento científico y tecnológico, y los sistemas de información.

Independientemente de los trabajos de la Junta y con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Centro Interuniversitario de Desarrollo Andino (CINDA) realizó un estudio en 1975/76, sobre el "Sistema de desarrollo científico-tecnológico en la subregión andina,"¹² en el cual se planteaban esquemas sistémicos de carácter global, similares a los desarrollados con el auspicio de la OEA a fines de los años 60 y principios de los 70.

La justificación para realizar este estudio fue planteada por CINDA en la misma forma que se había hecho años antes para justificar los trabajos auspiciados por la OEA:

Es necesario, sin embargo, velar porque el paso de los enfoques generales a los específicos no conduzca a una excesiva fragmentación en la orientación de los estudios, cayendo en una multiplicidad de tratamientos heterogéneos, que no puedan inte-

¹² Centro Interuniversitario de Desarrollo Andino (CINDA), *El sistema de desarrollo científico-tecnológico en la subregión andina*, Santiago de Chile, Corporación de Promoción Universitaria, 1977.

grarse en una visión coherente del proceso de desarrollo tecnológico. Este peligro se evita al disponer de un marco conceptual común capaz de proporcionar la necesaria unidad a los estudios específicos.

De acuerdo al CINDA, el sistema de desarrollo científico y tecnológico está conformado por cuatro subsistemas, cada cual con funciones específicas, que deben articularse en forma coherente:

- El primer subsistema denominado de “incorporación de conocimiento”, es el encargado de introducir nuevas corrientes de conocimientos foráneos.
- El subsistema de “intermediación del conocimiento” puede, en la realidad, no constituir una institución diferente a la encargada de incorporar conocimientos; pero su finalidad es la de adecuar los nuevos conocimientos a las necesidades y características concretas de la producción.
- El subsistema de “utilización de conocimiento”, comprende la aplicación práctica, el proceso de producción, y la creación de bienes y servicios en los cuales se usa el conocimiento científico y tecnológico.
- El cuarto subsistema es el de “educación”, el encargado de formar o perfeccionar los recursos humanos integrantes del sistema.

El “logro final” hacia el cual se orienta el funcionamiento de los subsistemas debe ser establecido, controlado y regulado por un organismo superior denominado “sistema de gobierno”. Este sistema no siempre se refiere a una institución estatal, sino a los organismos y entidades que coordinan el funcionamiento del sistema científico y tecnológico.

El gráfico de la figura 11 muestra el funcionamiento del sistema científico y tecnológico y su relación con el sistema de gobierno. El flujo de conocimiento circulante entre los diversos subsistemas denota la existencia de un ente organizado que constituye el “sistema de desarrollo científico y tecnológico”. Este flujo de conocimiento se transforma continuamente y su contraparte en sentido inverso es un flujo de recursos, lo cual sugiere la existencia de un “mercado” en el cual la mercancía sería la tecnología.

Los conceptos y el esquema propuestos por el Informe CINDA repiten, en gran medida, las ideas planteadas inicialmente por Halty, Aráoz, Sagasti, Moreno, Sábato y otros, y si bien se aprecia un esfuerzo por referir conceptos globales a la subregión Andina, dicho informe permanece a un nivel de abstracción muy elevado, carece de una base empírica sobre la situación real del Grupo Andino en ciencia y tecnología, y sólo puede considerarse como un marco de referencia muy preliminar.

Sin embargo, pese a estas limitaciones, la Junta del Acuerdo de Cartagena usó el documento

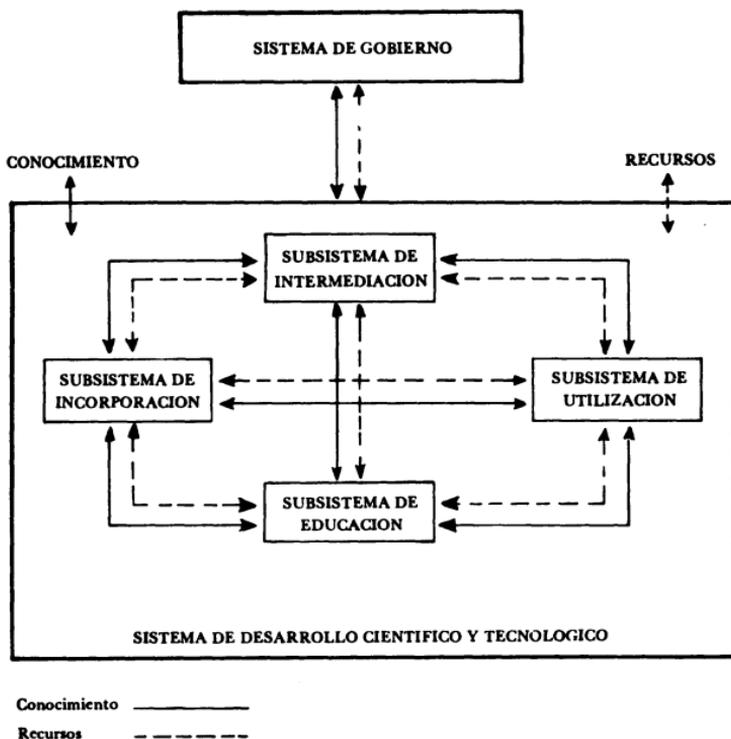


Figura 11. Modelo de operación del sistema de desarrollo científico y tecnológico, según el informe CINDA.

preparado por CINDA para justificar la creación de un Consejo Andino de Ciencia y Tecnología. Esto constituyó un alejamiento de la tradición fuertemente empírica que caracterizó a los trabajadores iniciales de la Junta en este tema.¹³

¹³ JUNAC, "Consideración sobre el establecimiento de un Consejo Andino de Ciencia y Tecnología como un mecanismo

Los planteamientos de la Junta sobre el Consejo Andino fueron revisados luego de recibir críticas de funcionarios y expertos de la subregión y se procedió a preparar una propuesta para el establecimiento de un Sistema Andino de Ciencia y Tecnología,¹⁴ el cual consistiría de un Consejo de Ciencia y Tecnología, el Fondo Andino para el Desarrollo Científico y Tecnológico, varios grupos de trabajo *ad-hoc*, y una Secretaría Permanente. Así concebido, el “sistema” andino sería un organismo permanente de coordinación, consulta, financiamiento y estudio.

El sector tradicional

La mayoría de los esfuerzos sobre política científica y tecnológica en América Latina se centraron sobre el sector industrial moderno de la economía. La preocupación por el sector rural tradicional en la política científica y tecnológica fue casi inexistente hasta mediados de los años 70, en que se empezó a prestar atención a éste y otros aspectos olvidados tales como el enfoque sectorial, las características tecnológicas particulares del sector agropecuario, y las diferencias entre las regiones de un país determinado.

Amílcar Herrera fue el primero que articuló

permanente de consulta y coordinación”, Primer Encuentro Subregional de Ciencia y Tecnología, JUN/ESA.CT/1/di 2; 15-2-80.

¹⁴ JUNAC, “Propuesta de la Junta para el establecimiento de un Sistema Andino de Ciencia y Tecnología”, JUN/Propuesta 121/Mod-1; 12 de noviembre de 1980.

la preocupación por el sector tradicional en un ensayo preparado en 1975, que sirvió de base a un proyecto de la Universidad de Naciones Unidas sobre el tema de tecnologías modernas y tradicionales.¹⁵ Herrera partió de una crítica a la concepción del proceso de desarrollo que supone que la simple expansión del sector moderno finalmente transformará y absorberá al sector tradicional, indicando que la experiencia histórica ha demostrado que este punto de vista es insostenible.

Herrera define a los países sub-desarrollados como “sociedades duales”, conformadas por un sector moderno minoritario, y un sector tradicional mayoritario, autóctono, pero dependiente del anterior. Distingue entre tecnología moderna o científica, lograda a través de los programas de I & D, y tecnología tradicional o empírica, lograda por medio de la experiencia que constituye la “herencia cultural”.

La figura 12 presenta el diagrama propuesto por Herrera que representa gráficamente los mecanismos de generación de tecnología y sus relaciones con los dos tipos de sociedad existentes. Los cuadrados al pie del diagrama representan los tres sectores en los que Herrera ha dividido la sociedad actual: países desarrollados, sector moderno y sector tradicional de

¹⁵ Amílcar Herrera, “Modern and Traditional Technologies: an approach to the generation of technologies appropriate for rural areas” (mimeo), Science Policy Research Unit, University of Sussex, 1975.

los países subdesarrollados. El tamaño de las figuras geométricas está en proporción a la población que representan, y los círculos centrales muestran el grado de interrelación existente entre los sectores. Los círculos superiores señalan las fuentes alternativas de soluciones tecnológicas: investigación y desarrollo en los países desarrollados y en los países subdesarrollados, y conocimiento empírico, abundante en los países en vías de desarrollo. La diferencia de tamaño de los círculos de investigación y desarrollo muestra el peso relativo de estas fuentes de conocimiento y su eficacia relativa en cada tipo de sociedad. Las flechas punteadas indican la demanda de tecnología de las sociedades a sus fuentes alternativas, las cuales responden mediante el flujo que representan las flechas sólidas. Las líneas entrecortadas representan la relación entre las diversas fuentes de tecnología.

Herrera busca luego ubicar el papel de la ciencia en un nuevo enfoque para el desarrollo, y llega a la conclusión de que es necesario enfatizar el papel del sector rural y tradicional en una nueva concepción del proceso de desarrollo, en la cual:

...La tarea a emprender —que es una tarea muy difícil, pero la única con posibilidades de éxito— es la transformación de las sociedades tradicionales por medio de la introducción gradual y no disruptiva de conocimiento científico moderno, con el fin de llegar a una etapa en la cual las necesidades materiales esenciales de cada ser humano sean realmente satisfechas, en un nuevo contexto cul-

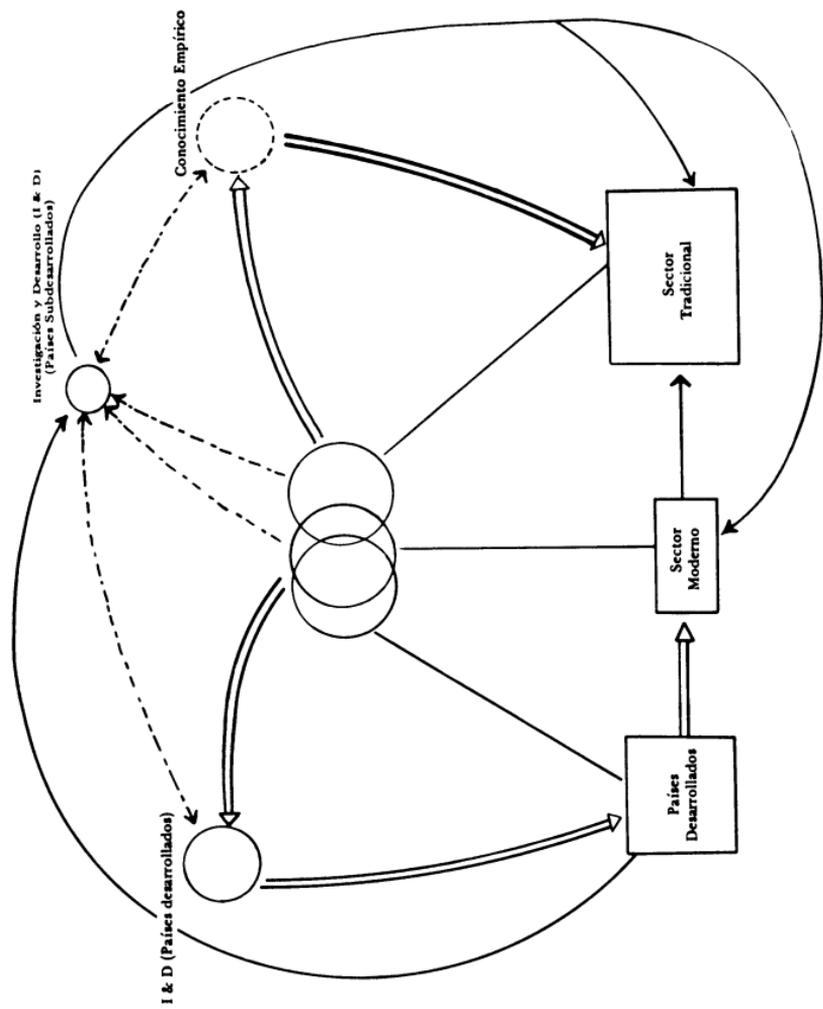


Figura 12. El modelo conceptual de Herrera.

tural en el cual las metas básicas de igualdad y participación sean integradas armoniosamente con los viejos valores tradicionales.

Una condición necesaria para emprender este proceso de transformación es que cada sociedad esté en capacidad de generar sus propias soluciones tecnológicas, por lo cual la tecnología debe ser considerada como uno de los elementos centrales de la creatividad cultural. Herrera propone experimentar con metodologías que permitan: (a) generar tecnologías para ser usadas por los sectores más pobres de la población a través de su participación en los grupos de investigación; (b) utilizar la capacidad y conocimiento tecnológicos de las sociedades tradicionales, vinculándolos a los sistemas de investigación y desarrollo; y (c) evaluar las estrategias empleadas en el proceso de desarrollar tecnologías para los pobres.

Las ideas propuestas por Herrera complementan las perspectivas más convencionales sobre política científica y tecnológica. Su aproximación metodológica general, y su uso de esquemas en los cuales la "demanda" y "oferta" de tecnología juegan un papel preponderante y el concepto de "sistema de investigación y desarrollo" aparece con frecuencia, indican la relación que tuvo Herrera con la evolución del pensamiento latinoamericano sobre el enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica.

La gestión tecnológica

Como contraparte de las ideas sobre política tecnológica a nivel global y sectorial se desarrollaron en América Latina algunos trabajos sobre el concepto y la práctica de la "gestión tecnológica" a nivel empresarial. En mayor medida que otras áreas de la política científica y tecnológica latinoamericana, en este campo se adoptaron muchas ideas y puntos de vista procedentes de la literatura americana y europea.

La OEA auspició una serie de reuniones sobre el tema a mediados de los años setenta y dedicó un número de la revista *Ciencia interamericana*¹⁶ a difundir estas ideas. El grado de formalización y sistematización de los conceptos sobre gestión tecnológica es aún incipiente en América Latina, y pese a que un gran número de empresas, sobre todo en los países relativamente más avanzados, han desarrollado métodos y procedimientos más o menos empíricos para afrontar el problema del manejo de la tecnología, la falta de conocimiento y de teorías sobre el proceso de innovación y cambio técnico no permite aún sistematizar el conjunto de experiencias aisladas en un marco conceptual sobre gestión tecnológica en América Latina.

Un intento sugestivo y novedoso de estructurar el conjunto de ideas y acciones sobre manejo

¹⁶ Véase: *Ciencia interamericana*, vol. 19, núm. 2, (1978), número dedicado al tema de gestión tecnológica, y en particular, los artículos de Szabó, Diamand y Poveda.

de tecnología en la empresa se encuentra en el libro de Kamenetzky sobre el tema.¹⁷ Kamenetzky parte de una concepción amplia del proceso empresarial vinculándolo a las necesidades humanas, para luego enfocar su atención en el manejo del conocimiento en las unidades productivas. Presenta un conjunto de modelos conceptuales, para analizar las interacciones entre las empresas productoras y el contexto en el que operan, los procesos de creatividad y desarrollo de conocimientos, y la organización de las tareas creativas en la empresa.

Recogiendo aportes de otros autores (Sábato, entre ellos), Kamenetzky identifica al conocimiento como una mercancía, y a la tecnología y su intercambio como un caso específico de esta identificación. El desarrollo tecnológico “permite producir cada vez más con menos energía humana. . . , haciendo posible el acceso de toda la población a una satisfacción equilibrada de sus necesidades. . .”, y conlleva una modificación de los modos de producción.

Siendo la unidad productiva el lugar donde finalmente se aplicará el conocimiento tecnológico, Kamenetzky estudia la empresa como un sistema que se desenvuelve entre tres mercados (figura 13): el financiero, del cual obtiene los capitales necesarios; el económico, donde se realizan las transacciones de lo producido en la empresa y se retribuye a los factores; y el tecnológico, cuyo

¹⁷ Mario Kamentzky, *Economía del conocimiento y la empresa*, Buenos Aires, Paidós, 1976.

“capital” está conformado por todas aquellas personas que tanto por la educación como por la experiencia adquirida poseen y transmiten el “saber cómo hacer”. La continua complejidad que va adquiriendo la industria está llevando a que progresivamente toda la mano de obra se constituya en capital tecnológico que necesita una constante actualización para no tornarse obsoleto. Kamenetzky enfatiza el dinamismo del proceso, así como el hecho de que sobre los “activos” tecnológicos puede ejercerse posesión más no propiedad.

La figura 13 muestra sistemáticamente las relaciones de intercambio de la empresa con los tres mercados en que interviene. Las posesiones tangibles de la empresa (stock, capital social, provisiones, etc) y las intangibles (capital tecnológico y tecnología incorporada) se listan en forma de activo y pasivo, usando una analogía contable. El flujo inicial del sistema está constituido por los aportes de capital del mercado financiero a la empresa a cambio de cierta participación en los resultados de ésta. Con estos aportes la empresa intercambia bienes de capital y mano de obra en el mercado económico, y recursos humanos en el mercado tecnológico. Combinando ambos, la empresa produce bienes que son vendidos en el mercado económico, luego de lo cual se puede determinar el resultado del ejercicio que es afectado por el Estado mediante impuestos. Lo que queda fluye hacia los integrantes del mercado financiero en forma de dividendos, como retribución a su inversión inicial.

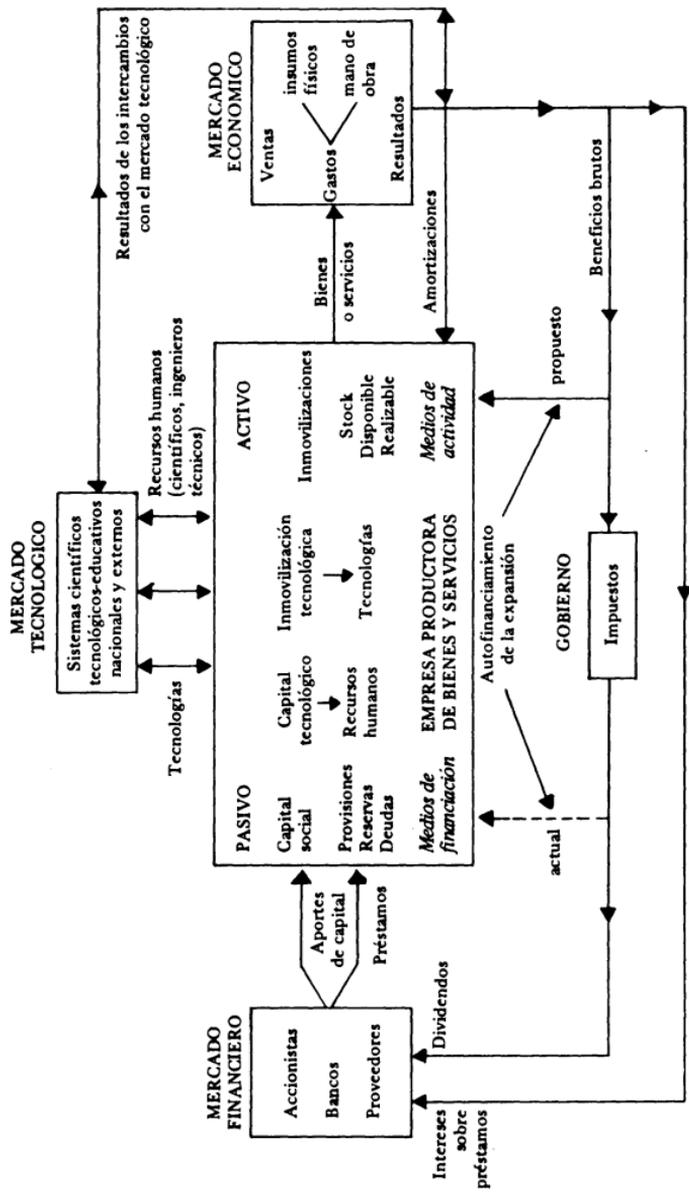


Figura 13. Los mercados y la actividad empresarial de acuerdo a Kamenetzky.

Kamenetzky señala que las relaciones de la empresa con el mercado tecnológico se dan primordialmente en el momento de la instalación de la planta o cuando ésta se amplía o diversifica sus actividades. Para hacer más continua esta relación, sugiere la intervención estatal fomentando y regulando la reinversión en el área tecnológica, a fin de permitir el autofinanciamiento y la formación de una infraestructura de investigación.

En un nivel más operativo, el trabajo de Giral y González¹⁸ propone un conjunto de pautas para manejar los aspectos tecnológicos en las empresas del sector químico. La sistematización propuesta por Giral y González toma la forma de un conjunto de procedimientos, listas, tablas y criterios para examinar el papel de los aspectos tecnológicos en la empresa y tomar decisiones sobre ellos. Kamenetzky, y en menor medida Giral y González, hacen uso de conceptos y esquemas que se desarrollaron como parte de la corriente del enfoque de sistemas.

La planificación científica y tecnológica

El uso de enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica latinoamericana estuvo asociado, desde el inicio, al desarrollo de métodos de planificación.¹⁹ Sin embargo, pese a esta

¹⁸ José Giral y Sergio González, *Tecnología apropiada*, México, Ed. Alhambra, 1980.

¹⁹ Véase, por ejemplo, Víctor L. Urquidí, "Technology, Planning and Latin American Development", *International Development Review*, vol. XII, núm. 1, (1971), pp. 8-12.

vinculación, aún no se ha llegado a establecer plenamente un conjunto de procedimientos sistemáticos y generalmente aceptados para la planificación científica y tecnológica. A manera de ilustración y tomando como base la experiencia latinoamericana, el "estado del arte" en este campo puede resumirse de la siguiente forma:

... Primero, los métodos analíticos formales han progresado más allá de la práctica actual, aún cuando ellos carecen de la coherencia y solidez que se deriva de un marco conceptual y teórico firmemente establecido y del contraste de métodos formales con la práctica. Segundo, existen algunos ejemplos en los cuales se han planificado el desarrollo de la ciencia y la tecnología en la práctica y la similitud de enfoques y estructuras empleadas sugieren que sería posible en un futuro cercano desarrollar métodos y procedimientos generalmente aceptables para este fin. Tercero, sólo existe un puñado de casos en los cuales consideraciones de orden científico y tecnológico han sido integrados con éxito en la planificación del desarrollo... Finalmente, la falta de un marco conceptual y teórico bien organizado que vincule ciencia, tecnología y el proceso de desarrollo constituye un obstáculo a ser salvado antes de lograr un tratamiento más satisfactorio de las cuestiones de ciencia y tecnología en el proceso de planificación del desarrollo.²⁰

En este contexto, el análisis de las experiencias sobre planificación científica y tecnológica

²⁰ Francisco Sagasti, "Science, Technology and Development Planning: a Review of Key Issues", en K. H. Standke y M. Anandakrisnan (editores), *Science, Technology and Society*, Nueva York, Pergamon Press, 1980.

pone en evidencia el divorcio existente entre los métodos formales, especialmente aquellos que involucran modelos matemáticos, y la práctica de la planificación científica y tecnológica. La mayoría de los métodos cuantitativos requieren de gran cantidad de datos e introducen muchos supuestos que simplifican excesivamente la situación real.

Por esta razón, los avances metodológicos en América Latina se han dirigido hacia proponer esquemas sistematizadores para definir prioridades y asignar recursos, más que hacia plantear métodos cuantitativos que relacionan los insumos y los productos de las actividades científicas y tecnológicas. Asimismo, se ha tratado de relacionar explícitamente al contenido de los planes de desarrollo socio-económico con las consecuencias que se derivan de ellas para actividades científicas y tecnológicas. Por ejemplo, en un volumen que contiene contribuciones metodológicas y reseñas de experiencias prácticas se examinan las experiencias de Argentina, Brasil, México, Venezuela, Colombia y Perú cubriendo tanto el contenido tecnológico de los planes de desarrollo como la planificación de actividades científicas y tecnológicas.²¹ Otro volumen, preparado como un aporte a la Conferencia de Naciones Unidas sobre Ciencia y Tecnología para el

²¹ F. Sagasti y A. Aráoz (compiladores), *Science and Technology for Development: Planning in the STPI Countries*, Ottawa, International Development Research Center, (1979). La traducción al castellano está en prensa y será publicada por el Fondo de Cultura Económica, México.

Desarrollo (Viena 1979), destaca los ejemplos de Centroamérica, el Caribe y México.²²

Las contribuciones del enfoque de sistemas a la planificación científica y tecnológica latinoamericana son numerosas, y difíciles de distinguir de la aplicación de dicho enfoque a la formulación de políticas para el desarrollo científico y tecnológico. Entre estas contribuciones, tenemos la diferenciación entre políticas y planes para la ciencia y aquellas para la tecnología,²³ el análisis del contenido implícito de actividades científicas y tecnológicas en los planes de desarrollo socio-económico,²⁴ y la formulación de métodos prácticos para identificar prioridades sectoriales en ciencia y tecnología²⁵.

Sin embargo, también se ha tomado plena conciencia de las dificultades prácticas involucradas en el proceso de planificación científica

²² B. Thomas y M. Wionczek (compiladores), *Integration of Science and Technology with Development*, Nueva York, Pergamon Press, 1980.

²³ Véanse J. Sábato "Bases para un régimen de tecnología" *op. cit.*; F. Sagasti *Tecnología, planificación y desarrollo autónomo*, Lima, Instituto de Estudios Peruanos, 1977 (capítulo 4); y M. Wionczek, "Science and Technology Planning in LDCs" in B. Thomas y M. Wionczek (compiladores), *op. cit.*

²⁴ Véanse, entre otros, E. Amadeo, "Analysis of the Technological content of the Argentine 3-year Development Plan (1974-1977)", y E. Guimaraes y E. Ford, "Science and Technology in Brazilian Development Plans: 1956-1973"; en F. Sagasti y A. Aráoz (editores), *op. cit.*

²⁵ F. Chaparro, "Methods used to Design a Scientific and Technological Policy with respect to Research and Development Activities", en Sagasti y A. Aráoz (editores), *op. cit.*

y tecnológica. Por ejemplo, Ventura²⁶ señala algunos de los problemas principales enfrentados en este proceso: la preeminencia de necesidades a corto plazo sobre los problemas en el largo plazo, la falta de interés que demuestran los gobiernos en la ciencia y la tecnología; las incertidumbres en el desarrollo futuro de la sociedad; la escasez de recursos humanos; la fragmentación de los esfuerzos científicos y tecnológicos; los “feudos” locales en ciencia y tecnología; la ingerencia de consideraciones políticas en la ciencia; la “sobreplanificación”; la falta de demanda por ciencia y tecnología; las dificultades en incorporar consideraciones tecnológicas en la planificación del desarrollo;²⁷ y otros factores similares.

Las estrategias tecnológicas

El tema de “estrategias tecnológicas” fue desarrollado por Máximo Halty durante la segunda mitad del decenio de los 70 y, pese a que Halty reunió una gran cantidad de material y preparó muchos apuntes parciales, su obra póstuma sobre el tema contiene sólo un resumen de las prin-

²⁶ A. Ventura, “Science and Technology Problems in Small Caribbean Countries”, en B. Thomas y M. Wionczek (editores), *op. cit.*

²⁷ En este sentido es interesante destacar los esfuerzos realizados por el Instituto Nacional de Planificación (INP) del Perú, para incorporar consideraciones tecnológicas en sus procedimientos de planificación. Véase el documento “Integración de la variable tecnológica en los planes de desarrollo”, INP, Oficina de Investigación y Capacitación, julio de 1978.

cipales tesis e ideas que venía desarrollando. Halty consideró que una estrategia de desarrollo tecnológico se encuentra en un punto intermedio entre la formulación de políticas y planes por un lado, y la definición de instrumentos para ponerlos en práctica por otro. De acuerdo a Halty:

... una política se define como la doctrina y los principios para guiar acciones, y una estrategia como la orientación general, las prioridades y la secuencia de acciones diseñadas para lograr los objetivos de la política. El concepto de estrategia implica un enfoque coherente articulado para la búsqueda de un objetivo particular que se define como política... Cuando se aplica al campo de ciencia y tecnología una estrategia de desarrollo tecnológico consiste de las principales opciones y las prioridades básicas necesarias para poner en práctica una política de desarrollo tecnológico...²⁸

Halty señaló que una estrategia de desarrollo tecnológico debe formularse de acuerdo con las prioridades de desarrollo de una sociedad, e insertarse en el contexto de la política global del país. Los componentes principales de una estrategia de desarrollo tecnológico son: la promoción del uso de tecnología ofertadas localmente; la regulación del flujo de tecnología importada; el balance entre tecnología importada y tecnología de origen local; y la promoción de la demanda de cambio tecnológico para orientar su velocidad,

²⁸ M. Halty, *Technological Development Strategies for Developing Countries: A Review for Policy Makers*, Montreal, Institute for Research on Public Policy, 1979.

concentración y dirección a través de mecanismos apropiados para la difusión tecnológica. Diferentes énfasis y combinaciones de estos cuatro componentes darán origen a distintas estrategias de desarrollo tecnológico (figura 14).

El esquema conceptual que Halty desarrolló para definir y clasificar las estrategias tecnológicas le sirvió de base para un estudio de las estrategias seguidas por diferentes países del Norte, Sur, Este y Oeste. Los países que Halty estudió, en mayor o menor profundidad, fueron la Unión Soviética, Checoslovaquia, Polonia, Japón, China, India, Francia, Italia, Yugoslavia, Corea del Sur y los países de América Latina. Para establecer comparaciones, Halty planteó una serie de categorías analíticas que comprendían dimensiones referentes al papel del gobierno, su funcionamiento, y la naturaleza del sistema político; al grado de apertura de la economía y la sociedad; a la estrategia de industrialización; y consideraciones sobre la estrategia tecnológica seguida por los países de acuerdo a su ubicación en cada una de estas dimensiones.

Entre las principales conclusiones planteadas por Halty en su trabajo es posible destacar algunas de particular interés. En primer lugar, Halty plantea que las estrategias de desarrollo tecnológico no están predeterminadas por el sistema político y son independientes de él. Los países en vías de desarrollo “. . . no necesitan elegir entre los modelos del Este y del Oeste, pero deben evaluar, seleccionar y adaptar estrategias de ambas fuentes”. En segundo lugar, Halty destaca

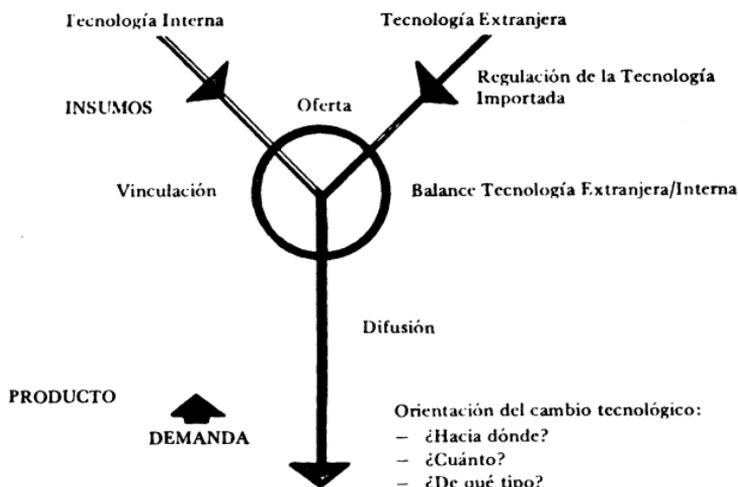


Figura 14. Modelo de análisis para evaluar las estrategias de desarrollo tecnológico, según M. Halty.

las similitudes entre los enfoques de estrategia tecnológica del Este y del Oeste, buscando extraer aquellos componentes de interés para los países de desarrollo (e.g. el balance entre capacidades tecnológicas “horizontales” o generales y “verticales” o sectoriales). En tercer lugar, Halty plantea que mientras menor sea el grado de desarrollo de un país, más necesarias serán las medidas intervencionistas y proteccionistas: los países evolucionan a lo largo de una ruta de “tecnologización” alejándose de etapas intervencionistas y proteccionistas y acercándose a planteamientos descentralizados y abiertos.

Como conclusión general, Halty plantea los componentes que considera necesarios para formular una estrategia tecnológica adecuada, los

que incluyen: avanzar en la regulación de importaciones de tecnología desde una posición de dependencia a una de autonomía, a través de la transición de estrategias imitativas hacia las defensivas y finalmente hacia las agresivas; mantener un perfil balanceado entre capacidades tecnológicas “horizontales” y “verticales”, que equilibren la diversificación industrial con la selectividad; ampliar progresivamente la capacidad tecnológica nacional “horizontal”; y evolucionar en sectores especializados hacia etapas de mayor complejidad e intensidad tecnológica.

Otras contribuciones

Para complementar esta reseña de trabajos que se vincularon de una u otra forma al desarrollo del enfoque de sistemas mencionaremos brevemente algunos otros de particular interés por el tema específico de que tratan.

Piñeiro y Trigo²⁹ plantearon un esquema para analizar el cambio técnico en el sector agropecuario y los factores que la influencia, destacando el papel del Estado en la promoción del desarrollo tecnológico. Su ensayo sirvió de base para un proyecto de investigación multinacional cuyos resultados estarán disponibles en 1982. Las categorías de análisis empleadas en este en-

²⁹ M. Piñeiro y E. Trigo, “Un marco general para el análisis del progreso tecnológico agropecuario: las situaciones del cambio tecnológico”, Bogotá, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, abril de 1977.

sayo comprendieron el estudio de las interacciones entre los diferentes "componentes del proceso tecnológico", a la manera del enfoque de sistemas, y el uso de conceptos referentes al papel del Estado, las clases sociales, y los intereses de grupo. El proceso de generación, difusión y adaptación de tecnologías se visualiza como un "fenómeno endógeno al funcionamiento de la economía y la sociedad en su conjunto, el cual se manifiesta, principalmente, a través del accionar del Estado".

En otra línea, Aráoz y Kamenetzky³⁰ propusieron una metodología para la evaluación de proyectos de inversión en ciencia y tecnología. Este esquema hace uso de conceptos provenientes del enfoque de sistemas y de algunas técnicas específicas del análisis de sistemas.

Por otra parte, Forni y Bisio³¹ examinan un conjunto de modelos para la política científica y tecnológica antes de proponer un marco conceptual para definir "estrategias de política tecnológica". En primer lugar proponen un esquema clasificatorio en función de aspectos tales como orientaciones disciplinarias, distinciones analíticas y estrategias teóricas y metodológicas. Luego proceden a examinar algunas contribuciones de

³⁰ A. Aráoz y M. Kamenetzky, *Proyectos de inversión en ciencia y tecnología*, Buenos Aires, Centro de Investigación en Administración Pública, 1975.

³¹ F. Forni y R. Bisio, "La relación ciencia-tecnología producción. Algunos modelos de política tecnológica" en F. Suarez, H. Ciapuscio y otros, *Autonomía nacional o dependencia: la política científica-tecnológica*, Buenos Aires, Paidós, 1975.

Mallman, Moreno, Katz, Sagasti, Sábato y Botana, y Sachs, antes de proponer un marco conceptual que en cierta medida puede considerarse como una síntesis de los planteamientos de los autores que Forni y Bisio reseñan. Los conceptos de “sistema científico”, “sistema productivo”, “flujos entre sistemas” y otros similares juegan un papel preponderante en el marco conceptual propuesto por estos autores.

Por último, Marcos Kaplan³² planteó un modelo conceptual para examinar el papel de la ciencia en la sociedad y la política, empleando la perspectiva del enfoque de sistemas como punto de partida. Kaplan adoptó e intentó utilizar “un enfoque totalizador, concreto y dinámico” basado en varias premisas que ubican a la ciencia y tecnología modernas en el contexto social y político más amplio. Para este fin, Kaplan define una serie de sistemas y subsistemas, incluyendo el sistema internacional y el sistema social nacional, con sus subsistemas científico y tecnológico, económico, social, cultural, ideológico y político. Kaplan define su aproximación al problema en los siguientes términos:

. . . el enfoque que se propone puede ser caracterizado como *histórico-estructural*, o *sistémico-dinámico*. Todo el sistema social es visualizado como unidad compleja, conjunto de aspectos, niveles o instancias, cada uno con estructuras propias y eficacia específica, a la vez que constituyendo

³² Marcos Kaplan, *La ciencia en la sociedad y en la política*, México, D.F., Sepsetentas, 1976.

en conjunto una *matriz unitaria*, de acuerdo al tipo particular de articulación de los distintos aspectos y al predominio de uno de ellos. La existencia y especificidad, la autonomía y la eficacia de cada uno de los niveles, dependen de su ubicación y de su función, de los otros niveles, y de su modo de articulación con ellos, y con la unidad del conjunto.

El modelo conceptual de Kaplan, parte del cual fue elaborado mientras colaboraba con los equipos argentino y venezolano del Proyecto STPI, presenta un esquema sumamente complejo y difícil de apreciar en su totalidad. Se deriva principalmente de disquisiciones de orden sociológico y no estuvo vinculado muy estrechamente a la aplicación del enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica latinoamericana, permaneciendo más bien al nivel de la conceptualización académica.

EL PROYECTO STPI SOBRE INSTRUMENTOS DE POLITICA CIENTIFICA Y TECNOLOGICA

Este proyecto, organizado con el auspicio del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (Canadá) y el programa regional de desarrollo científico y tecnológico de la OEA reunió a diez países del Tercer Mundo, seis de ellos latinoamericanos (Argentina, Brasil, Colombia, México, Perú y Venezuela), y a más de 150 investigadores durante tres años para examinar el proceso de formulación e implementación de políticas científicas y tecnológicas. El Proyecto STPI fue un esfuerzo innovativo de investigación orientada hacia la acción, que examinó las interrelaciones entre la formulación de políticas gubernamentales y la toma de decisiones a nivel de unidad productiva, que tomó en cuenta el contexto histórico y socioeconómico del proceso de desarrollo científico y tecnológico, y que involucró la participación de equipos multidisciplinarios, cuyos miembros provenían de una amplia gama de instituciones. Sin exageración, puede decirse que el Proyecto STPI constituye uno de los puntos culminantes de la aplicación del enfoque de sistemas al estudio y la formu-

lación de políticas para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en América Latina.

Las pautas metodológicas¹ que dieron el marco de referencia inicial para la investigación de los equipos nacionales fueron derivadas en gran medida de las ideas planteadas por el enfoque de sistemas, y contribuyeron a formalizar un conjunto de conceptos que abarcó desde la formulación de políticas hasta el comportamiento tecnológico empresarial, pasando por los instrumentos de política y las políticas explícitas e implícitas. La preocupación central del Proyecto STPI fue examinar el impacto de los diversos factores que influyen en las funciones y actividades relacionadas con la generación, difusión, transferencia y uso de conocimiento, particularmente en el sector industrial. Se trató de explorar sistemáticamente las posibles relaciones causa-efecto y generar hipótesis que, una vez verificadas, permitieran un mejor control sobre las funciones y actividades científicas y tecnológicas.

Algunos conceptos centrales del proyecto STPI

Las pautas metodológicas del proyecto plantearon una serie de esquemas y marcos concep-

¹ La primera versión de estas pautas se preparó en enero de 1974 como un documento de circulación limitada. La versión final se preparó en agosto de 1975. Véase: F. Sagasti y A. Aráoz, *Estudio de los instrumentos de política científica y tecnológica en países de menor desarrollo*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, 1975.

tuales que describían la estructura y el funcionamiento de la política científica y tecnológica. Como ejemplo, se resumen a continuación, en forma muy breve, algunos de los conceptos principales que fueron desarrollados partiendo de la base del enfoque de sistemas.

Funciones y actividades científicas y tecnológicas (C y T)

Comprenden todas las actividades y funciones implicadas en la generación, modificación y distribución del conocimiento científico y tecnológico. Su clasificación en demanda, oferta y vinculación resulta de considerar que el conocimiento es un insumo en la producción de bienes y servicios, y que las unidades productivas generan una demanda de conocimientos de C y T que ha de ser satisfecha desde fuentes locales o extranjeras (del lado de la *demanda*); que existe una producción local y un flujo de tecnología proveniente del exterior que alimentan a las unidades productivas (del lado de la *oferta*); y de que el flujo de conocimiento C y T entre productores y consumidores circula a través de instituciones mediadoras (en el área de *vinculación*).

Decisiones tecnológicas

En el manejo de la aplicación de nuevos conocimientos a la producción, una unidad productiva toma decisiones tecnológicas que implican

la opción por fuentes alternativas de conocimiento, la capacidad de tomar tales opciones, y el empleo efectivo de ese nuevo conocimiento. Existe, además, un conjunto de funciones y actividades de C y T relacionados con la *absorción de tecnología*, cuyo campo es la asimilación y el perfeccionamiento de la tecnología ya empleada por la unidad productiva.

Fuentes de influencia

Las pautas metodológicas del Proyecto STPI identificaron tres fuentes de influencia en las actividades científicas y tecnológicas. En primer lugar se tiene a *la política científica y tecnológica explícita y sus instrumentos*, en las cuales existe el propósito definido e identificado de afectar las funciones y actividades de C y T. El objetivo de las funciones y actividades de C y T se origina a partir de una política expresada en documentos o pronunciamientos con diversos grados de normatividad.

En segundo lugar se tiene a *la política científica y tecnológica implícita y sus instrumentos*, en donde es posible encontrar efectos producidos sobre variables C y T, como resultado de la acción de efectos no premeditados sobre variables que no pertenecen al grupo de funciones y actividades de C y T. Tales efectos bien pueden ser llamados "implicaciones" si es que resultan de nuevas políticas y decisiones formuladas en otras áreas, o "efectos secundarios", si tuvieron lugar en el pasado y es posible estudiarlos.

Por último se tiene a *los factores contextuales*, que son fuentes de influencia que no pueden ser adscritas a políticas gubernamentales recientes o vigentes; constituyen más bien consecuencia de la historia, de los rasgos culturales y sociales, de los recursos, la geografía, etc. de determinado país. Estos factores no pueden ser modificados con rapidez, y operan sobre las funciones y actividades de C y T al limitar el posible impacto de las políticas explícitas e implícitas, y de sus instrumentos.

Estas tres fuentes de influencia fueron consideradas por el Proyecto STPI como sus variables "independientes". Los esfuerzos de investigación se abocaron al análisis de las políticas explícitas e implícitas, de sus interacciones, y de los instrumentos de política relacionados con ellas. La figura 15 resume las interacciones entre fuentes de influencia y funciones y actividades.

Políticas e instrumentos de política C y T

El Proyecto STPI definió una *política* como un pronunciamiento de parte de un alto funcionario u organismo gubernamental que se refiere a una cuestión científica y tecnológica: expresa un propósito (los efectos a ser producidos en las actividades y funciones de C y T) y puede establecer objetivos, resultados deseados, e incluso fijar metas cuantitativas. Las políticas suministran criterios para generar, y elegir alternativas en la realización de funciones y actividades de

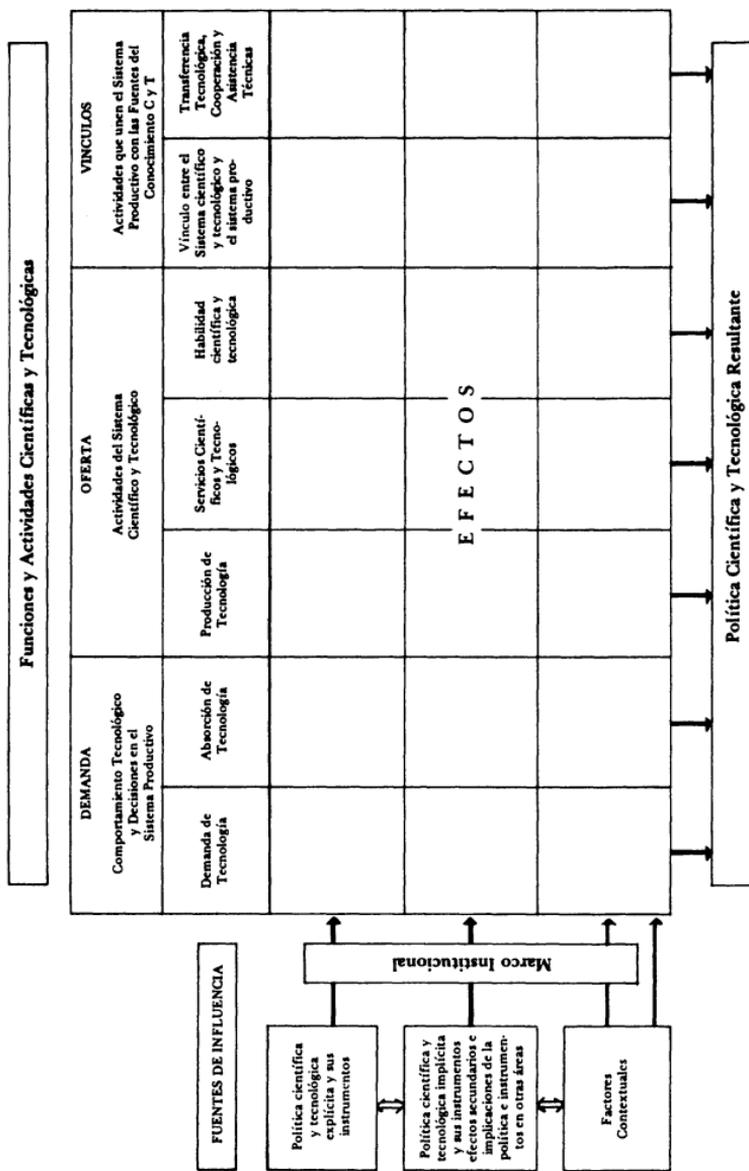


Figura 15. Matriz que muestra el enfoque del proyecto STPI.

C y T, y en ese sentido constituyen una guía en la toma de decisiones.

Si carece de medios para implementar su efecto potencial, una política puede quedar en mera declaración. La implementación puede exigir diversos elementos, todos agrupables bajo el concepto de *instrumentos de política*. Un instrumento de política comprende medios empleados para llevar a la práctica una determinada política; puede ser considerado el vehículo a través del cual los encargados de formular e implementar políticas ejercen su capacidad de orientar la toma de decisiones de otros. Por lo cual puede también decirse que un instrumento de política induce a individuos e instituciones a tomar decisiones siguiendo la racionalidad colectiva establecida por quienes detentan el poder.

Un instrumento de política es llamado *directo* cuando se refiere explícitamente a funciones y actividades de C y T, e *indirecto* cuando a pesar de referirse en primera instancia a políticas, funciones y actividades distintas de las científicas y tecnológicas, tiene sobre éstas un importante efecto indirecto.

Un instrumento de política comprende un dispositivo legal, una estructura organizativa, y un conjunto de mecanismos operativos (figura 16).

Los instrumentos de política rara vez actúan aisladamente. Lo más frecuente es que un conjunto de instrumentos relacionados a determinada política interactúe, causando una variedad de efectos. Esto se llama *un conjunto de instrumentos orientados por una política*. Se da tam-

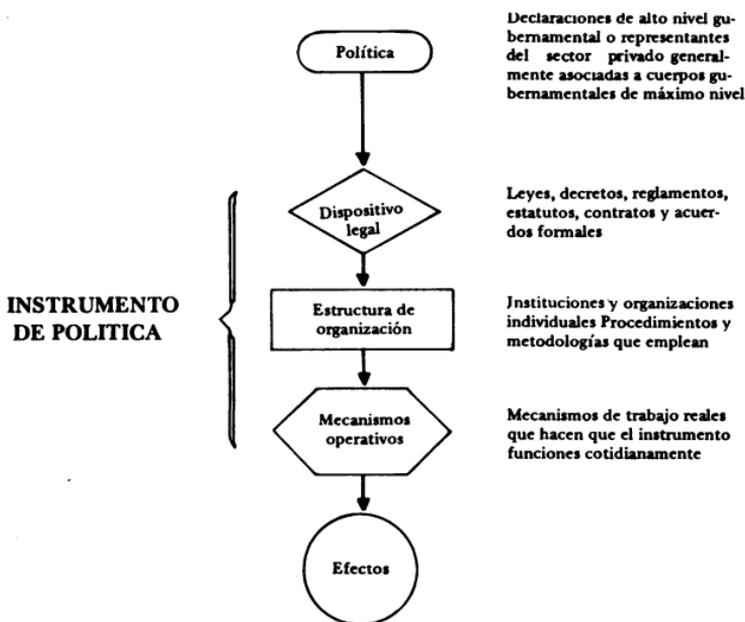


Figura 16. Estructura de un instrumento de política.

bién el caso de que varios instrumentos de política correspondientes a diferentes políticas coincidan en sus efectos sobre determinada función o actividad de CyT. Esto se llama *un conjunto de instrumentos orientados y por una función*.

El proceso de formulación y ejecución de políticas

Las categorías de funciones y actividades, fuentes de influencia, e instrumentos de polí-

tica fueron complementadas en las pautas metodológicas del Proyecto STPI con varios esquemas que examinaron el comportamiento de la rama industrial como sistema, el comportamiento tecnológico de las unidades productivas, las decisiones tecnológicas tomadas por diferentes agentes, y otros conceptos similares. Asimismo, se intentó caracterizar de manera general el proceso de formulación y ejecución de políticas científicas y tecnológicas, a fin de señalar la dinámica de procesos que vinculaba entre sí a los diferentes conceptos propuestos.

En este sentido el Proyecto STPI postuló que la contribución de la ciencia y la tecnología al desarrollo es el resultado de interacciones entre muchos tipos de decisiones tecnológicas, tomadas por distintos agentes en varios niveles, así como de decisiones que no tienen el propósito directo de afectar funciones y actividades científicas y tecnológicas pero que las condicionan en forma indirecta.

El problema de la ejecución de la política científica y tecnológica consiste en diseñar y poner en práctica instrumentos de política que orienten las funciones y actividades científicas y tecnológicas en la dirección que especifican los objetivos de la misma. Este es un proceso que debe llenar el vacío que existe entre la formulación de la política a nivel gubernamental (macro) y la toma de decisiones al nivel de la empresa, el centro de investigación o la compañía de ingeniería (micro). El diagrama de la figura 17 muestra algunos agentes y elementos

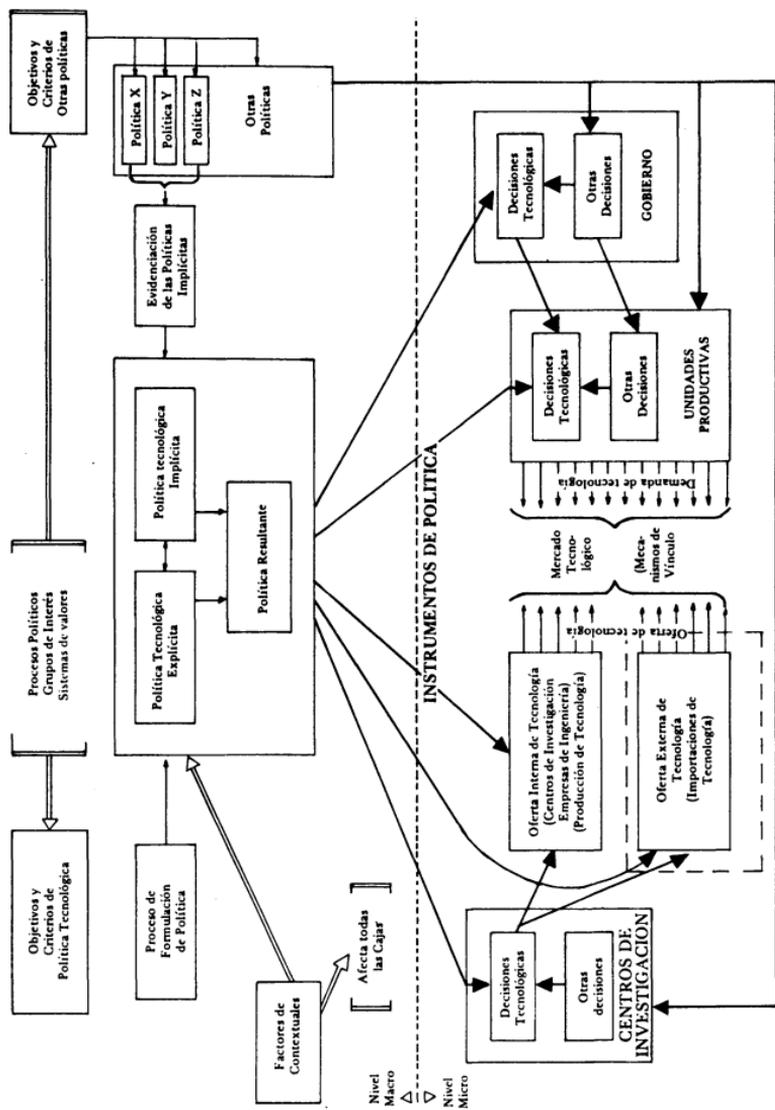


Figura 17. Temas de política tecnológica —formulación y puesta en práctica.

que intervienen en el proceso de diseño y aplicación de los instrumentos de política.

Las políticas de ciencia y tecnología en el mundo real son el resultado de interacciones complejas entre las políticas *explícitas* y las *implícitas* y no una simple traducción de los objetivos científicos y tecnológicos a los criterios de formulación de la política gubernamental. Si por un lado se hallan los objetivos o criterios conducentes a la formulación de las políticas tecnológicas explícitas, por el otro hay otros objetivos y criterios para la formulación de otras políticas (industriales, financieras, laborales, de comercio exterior, etc.) que también tiene efecto en el desempeño de las actividades científicas y tecnológicas.

Por lo tanto, es necesario descubrir las consecuencias de esas otras políticas, con miras a apreciar la dirección que tomará la política real resultante de la interacción entre las políticas implícitas y las explícitas.

En este análisis es probable que se encuentren muchas incoherencias, de modo que la política *resultante* puede contener muchos elementos contradictorios, cuyo predominio está determinado por la fuerza relativa del instrumento para ponerla en práctica. Por ejemplo, se admite generalmente que los incentivos fiscales a la investigación y desarrollo en la industria constituyen un instrumento relativamente débil, en comparación con los mecanismos crediticios que motivan al empresario a adquirir tecnología en el extranjero. Así, es probable que el componente de la

política resultante que fomenta la importación de tecnología, prevalezca sobre el que incentiva la investigación y desarrollo locales.

La figura 17 señala también que las decisiones tecnológicas tomadas por las empresas determinan la capacidad de absorción tecnológica del país o de la industria, así como el patrón de demanda de tecnología. Las decisiones tomadas por los centros de investigación y compañías de ingeniería determinan la oferta interna de tecnología, mientras que las decisiones de los consultores extranjeros, las empresas multinacionales, los vendedores de equipos, etc., determinan la oferta externa de tecnología. Entre los factores que condicionan las decisiones tomadas por cada uno de estos agentes se encuentran los *instrumentos de política* empleados por el gobierno. El problema crucial del diseño y operación de un instrumento es determinar su influencia relativa en las decisiones tomadas por estos actores. Si esto no se conoce con certeza, es virtualmente imposible prever el efecto y las repercusiones reales de la política y sus correspondientes instrumentos.

Modificaciones en las pautas metodológicas

Este breve resumen de algunos conceptos y categorías de análisis empleados en el Proyecto STPI da una idea del marco de referencia inicial que ofrecieron las guías metodológicas para la investigación. Durante el proyecto, al contrastar conceptos con la realidad, los equipos participantes introdujeron cambios, algunos de los

cuales se reseñan brevemente para indicar la forma en que se adaptaron las pautas metodológicas en función de los resultados obtenidos.

La investigación reveló que las políticas explícitas tienen un impacto relativamente menor en el comportamiento tecnológico a nivel de rama y de unidad productiva. Esto se debe principalmente a la limitada influencia de las políticas explícitas en la configuración de la demanda de tecnología, si bien este concepto de políticas explícitas demostró su utilidad para describir el comportamiento de las unidades relacionadas con la oferta de tecnología. Más aún, se confirmó que las contradicciones entre las políticas explícitas e implícitas desaparecen si las primeras son concebidas y formuladas en armonía con los objetivos del desarrollo industrial. Por lo tanto, la distinción entre los dos conjuntos de políticas podría volverse innecesaria en ciertos casos.

La concepción inicial de los factores contextuales no establecía distinciones entre los factores contextuales provenientes de la acumulación de efectos de políticas formuladas a lo largo de un período prolongado de tiempo; los factores contextuales invariantes (geografía, dotación de recursos, etc.); y los factores contextuales superestructurales (rasgos culturales, valores, etc.). El refinamiento de este concepto permitió enfocar con mayor precisión a esta fuente de influencia y demostró ser un instrumento analítico de gran utilidad.²

² Estos conceptos se desarrollan en F. Sagasti y A. Aráoz, *op. cit.*

La primera versión de las pautas metodológicas no prestó gran atención a la rama industrial como objeto de investigación; sin embargo, al preparar la versión final de las pautas durante 1974/75, la experiencia de algunos equipos que participaron en el proyecto demostró que era preciso añadir como concepto clave la idea de "rama industrial como sistema". Por otra parte, el concepto de conducta o comportamiento tecnológico demostró ser insuficiente para propósitos analíticos, así como para explicar los cambios tecnológicos ocurridos al nivel de la empresa como consecuencia de las diversas influencias identificadas.

La investigación y sus limitaciones

El Proyecto STPI generó una gran cantidad de monografías, artículos y libros que resumen los resultados de la investigación³ y no es el caso intentar aquí un resumen de los principales resultados. Sin embargo, es posible identificar algunos problemas y conclusiones de orden metodológico que tienen interés para el estudio del enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica latinoamericana.

Uno de los problemas surgidos durante la investigación fue resultado de evitar el plantear

³ Véase F. Sagasti, *Ciencia y tecnología para el desarrollo: informe comparativo central del proyecto STPI*, Bogotá, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 1978. El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo ha publicado en inglés una serie de 20 monografías y libros como resultado del Proyecto STPI.

un marco rígido a ser rigurosamente seguido por todos los integrantes de la red de investigación del Proyecto STPI. Esto generó una brecha entre las categorías abstractas y los conceptos de las pautas metodológicas por un lado, y los datos empíricos recolectados durante la investigación por otro. En este sentido, las pautas metodológicas, derivadas en gran medida del enfoque de sistemas, permanecieron a un nivel de abstracción demasiado elevado.

Por otra parte, el marco conceptual del proyecto no postuló una determinada interpretación del papel del Estado para explicar el surgimiento de los instrumentos de política o de las políticas en cierto momento. Esto hubiera implicado el uso extensivo de conceptos tales como los intereses del Estado en las economías mixtas capitalistas y dependientes, y así sucesivamente. No se postuló tampoco una teoría específica de carácter prescriptivo o normativo acerca del cambio técnico en la empresa, que explicara la direccionalidad del progreso técnico en el nivel micro y permitiera predecir el impacto diferencial de los instrumentos de política. Por esta razón, no fue posible interpretar los resultados de los trabajos de los equipos de investigación de una manera unívoca, en función de un conjunto único de hipótesis explicativas y predictivas. Las pautas metodológicas proporcionaron un marco de referencia de orden estructural-funcional, pero no plantearon criterios que explicaran la dinámica de los procesos estudiados.

ALGUNAS REPERCUSIONES DEL ENFOQUE DE SISTEMAS

La influencia del enfoque de sistemas durante el decenio de los 70 se hizo sentir en la conceptualización del proceso de desarrollo científico y tecnológico, en la recopilación de datos sobre actividades científicas y tecnológicas, y en el establecimiento de organizaciones de política científica y tecnológica en los países de América Latina.

En primer lugar, tal como lo señala Lavados,¹ la evolución del enfoque de sistemas fue acompañada de cambios fundamentales de orden conceptual: “El concepto mismo de política científica y tecnológica ha cambiado. Han aparecido nuevas ideas sobre los objetivos y fines de esta política. El ámbito de acción se ha ampliado al aumentar el número de actores y procesos involucrados en crear y diseminar conocimiento científico y tecnológico.”

El cambio conceptual más significativo consistió en visualizar al desarrollo científico y tecnológico como parte integral de un proceso

¹ Jaime Lavados, “Organization of Scientific and Technological Development in Latin America”, en B. Thomas y M. Wionczek (Editores), *op. cit.*

más amplio de desarrollo económico, social, político y cultural. El punto de vista de sistemas ayudó en la transición desde enfoques parciales hacia una visión en la cual ciencia y tecnología se encontraban en estrecha interacción con el conjunto de objetivos, actividades, instituciones, y agentes pertenecientes a otros campos de la vida de la nación. En particular, se abandonó casi totalmente la perspectiva "cientificista" que privilegiaba el desarrollo de la ciencia en sí mismo sólo por su valor cultural intrínseco, y con el argumento de que su propio desarrollo llevaría indefectiblemente a la tecnología y al bienestar.

Pese a que la perspectiva integradora promovida por el enfoque de sistemas fue adoptada por la gran mayoría de los investigadores, científicos, funcionarios gubernamentales y políticos vinculados al tema, no se llegó al grado de "sistemismo paralizante" que a veces se deriva de la constatación de que "todo está relacionado con todo", y que por lo tanto no puede mejorarse un aspecto de la sociedad subdesarrollada sin cambiar todos los otros aspectos a la vez. Por el contrario, la perspectiva integradora que caracterizó al enfoque de sistemas en el desarrollo científico y tecnológico dio origen a planteamientos operativos y recomendaciones prácticas.

Más aún, en muchos casos las nociones abstractas y normativas del enfoque de sistemas se complementaron con apreciaciones de orden histórico y empírico, evitando la elaboración indefinida de modelos conceptuales cada vez más sofisticados y distantes de la realidad. En resu-

men, la influencia que tuvo el enfoque de sistemas en la conceptualización del desarrollo científico y tecnológico latinoamericano condujo a una sistematización gradual y progresiva, que permitió comprender mejor el papel de la ciencia y la tecnología en el proceso de desarrollo.

En segundo lugar, la recolección de datos sobre actividades científicas y tecnológicas y sobre lo que se denominó el "potencial científico-tecnológico" en América Latina, fue influenciada fuertemente por el enfoque de sistemas. Desde el principio se tuvo conciencia de que los modelos conceptuales propuestos para el sistema científico y tecnológico llevaba a definiciones y categorías de actividades que diferían significativamente de aquellas sugeridas por la OECD y la UNESCO en base a estudios realizados en países desarrollados. En este sentido, Moya y Gargiulo² ampliaron el conjunto de actividades científicas y tecnológicas, extendiendo las categorías tradicionales de investigación y desarrollo, Sagasti examinó las consecuencias de adoptar el enfoque de sistemas para la recolección de datos,³ y Gamba⁴ y

² A. Moya y G. Gargiulo, "Estudios de base sobre política y planificación de la ciencia y la tecnología", Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Washington, D.C., 1970.

³ F. Sagasti, *A Systems Approach to Science and Technology Policy-making and Planning*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Washington, D.C., 1972; y *Notes on the OAS and OECD Methodologies for Determining Requirements for Science and Technology*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Washington, D.C., 1971.

⁴ J.C. Gamba, *Compilación de datos científico-tecnológicos*

Williams⁵ propusieron procedimientos detallados para la recopilación de estadísticas científico-tecnológicas.

La necesidad de contrastar modelos conceptuales con estudios empíricos fue claramente destacada desde el inicio. Por ejemplo, en un trabajo preparado para la OEA el autor planteó que:

... es necesario una interacción continua entre conceptos, modelos e hipótesis por un lado y datos empíricos por otro. Este proceso de retroalimentación proporciona la base para un aprendizaje que llevaría a mejores modelos y mejores datos.

En este sentido los modelos conceptuales propuestos (véase el anexo A del presente trabajo) pueden ser útiles para la recolección de datos. Al adoptar el enfoque de sistemas fue posible identificar flujos y actividades en el sistema científico y tecnológico que son aparentemente razonables y podrían alimentar a una variedad de modelos de planificación. Estos modelos conceptuales deberían ser refinados después de recabar datos sobre las actividades identificadas y de examinar lo adecuado del marco de referencia.⁶

Entre las deficiencias de las definiciones y marcos de referencia propuestos por la UNESCO y la OCDE se identificó "... la falta de referencia a la situación internacional y a la transferencia

en América Latina; Departamento de Asuntos Científicos, OEA Washington D.C., 1972.

⁵ H.M. Williams, *Inventario científico-tecnológico nacional: marco general y definiciones*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Washington D.C., 1972.

⁶ F. Sagasti, *A Systems Approach. Op. cit.*, p. 36.

de tecnología en particular. . .(considerando). . . la importancia de la transferencia de tecnología en América Latina. . . se sugiere ampliar (las definiciones de actividades científicas y tecnológicas) para incluir las actividades relacionadas a la transferencia de tecnología.”⁷

Los trabajos sobre estadísticas científicas y tecnológicas auspiciados por la OEA y la UNESCO, y los inventarios del potencial científico y tecnológico realizado en varios países de América Latina y el Caribe en los años 70, indican el grado de difusión que alcanzaron las propuestas sobre recopilación de datos que se realizaron bajo la influencia del enfoque de sistemas.⁸

En tercer lugar, el enfoque de sistemas influyó en el establecimiento de organismos de política científica y tecnológica en América Latina. Estas entidades fueron creadas en su mayoría a fines del decenio de los 60 y a principios de los 70, y su aparición obedece a un conjunto de factores entre los cuales se encuentra la actividad promocional de organismos internacionales como la

⁷ F. Sagasti, Notes on the OAS. . . *op. cit.*, p. 35.

⁸ Véanse, entre otros, H. Williams, *Inventario científico-tecnológico nacional, marco general y definiciones*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Washington, D.C., 1972; A. Aráoz, *Aspectos cuantitativos de la ciencia argentina*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Washington, D.C., 1974; Consejo Nacional de Investigación, *Potencial científico-tecnológico del Perú*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA Washington, D.C., 1975; J. Arias, *Recursos dedicados a actividades científicas y tecnológicas en América Central*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, 1975; y la serie de 4 volúmenes titulados *La política científica en América Latina*, publicados por UNESCO entre 1969 y 1978.

UNESCO y la OEA, cuyas concepciones del proceso de desarrollo científico y tecnológico fueron condicionadas por el enfoque de sistemas.

En gran medida, la creación de organismos rectores y coordinadores de la política científica y tecnológica se derivó de análisis normativos y abstractos sobre el funcionamiento del "sistema" científico y tecnológico. En la mayoría de los casos, se produjo un salto conceptual de lo abstracto a organizaciones concretas, sin que mediara un proceso de ajuste y adecuación de los esquemas ideales a las situaciones específicas. Si bien no es este un problema que puede atribuirse al enfoque de sistemas en sí, sino más bien a la forma en que de él se derivaron recomendaciones sobre estructuras institucionales, es indudable que la perspectiva sistémica proyectó una imagen fácil y extenta de conflictos del complejo proceso de formular políticas y estrategias, ponerlas en marcha, y coordinar las actividades de las instituciones comprendidas en el "sistema" nacional de ciencia y tecnología.

De acuerdo a Brawerman y Novick,⁹ la difusión del enfoque de sistemas en América Latina llevó a un cambio en la manera de encarar los problemas concretos inherentes al ámbito de la ciencia y la tecnología. Estos cambios se refieren, en el nivel institucional, al papel de los organismos centrales de política científica

⁹ J. Brawerman y S. Novick, *Los organismos centrales de política científica y tecnológica en América Latina*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Washington, D.C., 1980.

y tecnológica, que en la mayoría de países latinoamericanos son los “Consejos Nacionales de Ciencia y Tecnología”:

A nivel de los Consejos de países de América Latina, durante la reunión realizada en Viña del Mar en julio de 1971 por la UNESCO se hacen recomendaciones para conformar el “sistema nacional de ciencia y tecnología” y promover una conexión más estrecha con otros sectores, en especial el productivo. Esto dio relevancia al análisis interinstitucional y acentuó los aspectos de coordinación e interacción entre organismos de distintos niveles y funciones.

A partir de ese momento, la concepción y la terminología sistémica pasaron a integrar el lenguaje y las orientaciones básicas de los expertos de organismos internacionales. Se incorporaron a los cuerpos jurídicos de los Consejos, y se divulgaron por el resto del Continente.

En los años transcurridos, son numerosos los países que han incorporado en su ley de creación, o entre sus objetivos y funciones, la “coordinación y supervisión del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología”. Esto implicaría la construcción y funcionamiento de una red institucional que vincule entidades del ámbito científico y tecnológico tanto público como privado a través de acciones interrelacionadas que reciben insumos de otras instituciones y generan actividades creando un flujo incesante de relaciones dentro del sistema. El papel del Consejo sería el de regular y orientar estas relaciones a través de normas y pautas de acción.¹⁰

El comportamiento de esta “red institucional” y de los organismos reguladores y orienta-

¹⁰ Brawerman y Novick, *op. cit.*, p. 27.

dores ha sido estudiado en su proyecto comparativo,¹¹ a través del cual se detectaron profundas diferencias entre el funcionamiento real de estas entidades y la imagen que correspondía a la concepción de un sistema científico y tecnológico ideal.

Sin embargo, contrariamente a lo que se consideró, la concepción "sistémica" sobre estructuras institucionales, la mayoría de las propuestas de orden metodológico y prescriptivo que se plantearon partiendo del enfoque de sistemas, no involucraban un diseño institucional único, y menos aún la concepción estandarizada de los "consejos" que se le atribuyó. Por ejemplo, Lavados¹² ha señalado que:

... no es posible proponer un diseño finito para el modelo organizativo para el desarrollo científico y tecnológico que sería aplicable a cualquier país en cualquier momento. Sin embargo, sería posible preparar un esquema que contenga ciertos principios para la organización del establecimiento científico y tecnológico, el cual resolvería sus principales problemas.

Las propuestas que hizo el autor hace un decenio sobre "planificación institucional" apuntaban en la misma dirección de proponer principios y metodologías para el diseño de estructuras organizativas adaptadas a situaciones espe-

¹¹ Departamento de Asuntos Científicos, OEA, *Aspectos organizacionales de la política científica y tecnológica en América Latina*, Washington, D.C., 1979.

¹² J. Lavados, *op. cit.*, p. 145.

cíficas, evitando proponer esquemas institucionales uniformes para realidades diferentes.¹³

Sin embargo, hubo casos en los cuales se dio rienda suelta a la imaginación abstracta y al voluntarismo administrativo en nombre del enfoque de sistemas. Un ejemplo de los excesos del "sistemismo" irrestricto en la organización de las instituciones científicas y tecnológicas es la propuesta para la Ley del Sistema Nacional de Investigación del Perú a mediados del decenio de los 70, y en la cual se plantea una organización cuasi-vertical y centralizada de los institutos de investigación, organismos universitarios, agencias gubernamentales, etc., pertenecientes al "sistema". Este proyecto fue debatido ampliamente y generó un rechazo casi unánime en todos los sectores de la comunidad científica y tecnológica peruana.

Pese a estos excesos, es evidente que se ha producido un proceso de aprendizaje institucional colectivo en América Latina, y no creo que vuelvan a proponerse esquemas organizativos derivados de estudios sin base empírica. Parece superada la etapa en la cual se planteaba que los organismos de política científica y tecnológica en un país determinado, deberían corresponder a una imagen ideal de relaciones

¹³ F. Sagasti, "Towards a Methodology for Planning Science and Technology in Underdeveloped Countries", Tesis de Doctorado, Universidad de Pennsylvania, Agosto de 1972, (capítulo VII); y *Hacia un nuevo enfoque para la planificación científica y tecnológica*, Washington, D.C., Departamento de Asuntos Científicos, OEA, 1972.

inter-institucionales derivadas de una concepción abstracta del “sistema” de ciencia y tecnología.

OTRAS CORRIENTES DE PENSAMIENTO Y CRITICAS AL ENFOQUE DE SISTEMAS

Considerando las características básicas del enfoque de sistemas, su grado de difusión, y sus consecuencias prácticas, es difícil encontrar en América Latina planteamientos sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología que estén totalmente al margen de este enfoque. El surgimiento del enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica latinoamericana puede considerarse como un punto de inflexión irreversible, algo así como una “pérdida de inocencia”, después de la cual ya no es posible conceptualizar el proceso de desarrollo científico y tecnológico fuera del contexto social, económico, político y cultural. Sin embargo, es posible identificar a varios autores que adoptan perspectivas lo suficientemente diferenciadas para que representen corrientes de pensamiento distintos al enfoque de sistemas.

Otras corrientes de pensamiento

El estudio del fenómeno de cambio técnico en las empresas desde un punto de vista microeconómico y empírico se desarrolló en América

Latina durante el decenio de los 70, y ha empezado a generar propuestas y recomendaciones de política en los últimos años. Los trabajos más representativos de esta corriente de pensamiento son los del Programa BID/CEPAL/PNUD sobre Investigación en Temas de Ciencia y Tecnología que dirige Jorge Katz. Este grupo ha preparado una treintena de monografías sobre sectores y empresas específicas en varios países de América Latina, y ha empezado planteamientos conceptuales y recomendaciones de carácter más amplio.¹

Los esfuerzos de Katz se dirigieron desde principios de los años 70 a investigar y explicar el comportamiento tecnológico de las empresas industriales en Argentina, tomando en cuenta los procesos de importación de tecnología y las actividades de investigación y desarrollo al interior de las empresas.² Los planteamientos iniciales fueron generalizándose hasta llegar a constituir el embrión de una teoría sobre el cambio

¹ Véanse, por ejemplo, J. Katz *et al.*, "Productividad, tecnología y esfuerzos locales de investigación y desarrollo", Buenos Aires, Programa BID/CEPAL/PNUD de Investigaciones en Ciencia y tecnología, Marzo de 1978; J. Katz, "Cambio tecnológico, desarrollo económico y las relaciones intra y extrarregionales en América Latina", Buenos Aires, Programa BID/CEPAL/PNUD de Investigaciones en Ciencia y Tecnología, 1978; y las monografías preparadas por P. Maxwell, F. Sercovich, J. Fidel y J. Lucan-geli, C. Dahlman, y muchos otros, como parte de dicho programa de investigaciones.

² Véase, por ejemplo, Jorge Katz, *Importación de tecnología, gastos locales de investigación y desarrollo y progreso tecnológico en el sector manufacturero*, Departamento de Asuntos Científicos, OEA, Washington, D.C., 1970.

técnico en los países de menor desarrollo, a partir de la cual se proponen ciertos lineamientos para la política científica y tecnológica.³ En cierta forma, el enfoque microeconómico adoptado por Katz y otros autores (e. g. Sercovich)⁴ ha recorrido el camino inverso al del enfoque de sistemas para converger hacia el mismo punto. En efecto, mientras que el enfoque de sistemas partió de una perspectiva globalizante y fue progresivamente focalizándose en el ámbito sectorial, la perspectiva del cambio técnico empezó en el nivel específico empresarial y fue ampliándose hasta llegar al nivel sectorial. Esto se ve con claridad al comparar los trabajos del Proyecto STPI sobre instrumentos de política científica y tecnológica con los últimos ensayos preparados por Katz y su equipo.

Otra línea de pensamiento distinta al enfoque de sistemas, pero que corre paralela a éste en muchos aspectos, es lo que podría llamarse el enfoque ideológico-utópico, preconizado principalmente por Oscar Varsavsky. El argumento central de esta línea de pensamiento, que tuvo muchos seguidores entre los científicos sociales radicales en América Latina, es que la ciencia está fuertemente politizada, que no es posible

³ Jorge Katz y Ricardo Cibotti, *Tecnología: políticas e instrumentos en América Latina* Buenos Aires, Programa BID/CEPAL/PNUD sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Abril de 1980; y Jorge Katz, *Technology and Economic Development*, (mimeo), Buenos Aires, Agosto de 1980.

⁴ Francisco Sercovich, *Tecnología y control extranjeros en la industria argentina*, Buenos Aires, Siglo XXI Editores, 1976.

hablar de “ciencia universal”, y que la misión del científico es romper con los moldes tradicionales de la práctica científica en países subdesarrollados y postular nuevas maneras de hacer ciencia y emplearla para transformar radicalmente las estructuras sociales. Según Varsavsky:

La misión del científico rebelde es estudiar con toda seriedad y usando todas las armas de la ciencia los problemas del cambio del sistema social, en todas sus etapas y en todos sus aspectos teóricos y prácticos. Esto es, hacer ciencia politizada.⁵

Partiendo de una crítica fundamental del carácter de la ciencia en sociedades dependientes y del papel del científico ante el cambio social, Varsavsky elaboró una serie de planteamientos sobre el diseño de un “proyecto nacional”,⁶ ofreciendo visiones alternativas de las sociedades latinoamericanas en el largo plazo. Varsavsky aplica estos planteamientos generales al campo de la ciencia y la tecnología, proponiendo un esquema de política que subordina la ciencia y la tecnología y ésta a la satisfacción de necesidades humanas en el marco de una sociedad socialista.⁷ Sus planteamientos pueden consi-

⁵ Oscar Varsavsky, *Ciencia, política y cientifismo*, Buenos Aires, CEPAL, 1969, p. 11.

⁶ Oscar Varsavsky, *Proyectos nacionales, planteo y estudio de viabilidad*, Buenos Aires. Ed. Periferia, 1971.

⁷ Oscar Varsavsky, *Hacia una política científica nacional*, Buenos Aires, Ed. Periferia, 1972; y *Estilos tecnológicos*, Buenos Aires, Ed. Periferia, 1974.

derarse como prescripciones para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en un contexto de transformaciones estructurales orientadas hacia el establecimiento del socialismo en América Latina.

En pensamiento de Varsavsky hace pocas concesiones a la realidad tal como se presenta en el caso latinoamericano. Postula un modelo ideal de sociedad y examina las estrategias que podrían llevar a su realización, con el fin de determinar su viabilidad desde un punto de vista lógico y racional. Al demostrar que sería posible alcanzar la sociedad postulada, Varsavsky considera cumplida su tarea. Por estas razones los planteamientos del enfoque ideológico-utopista que Varsavsky representa son muy sugestivos en términos de cuestionar las bases de las políticas científicas y tecnológicas más "realistas". Sin embargo, su validez operativa es ciertamente muy limitada. Por otra parte, las categorías y el instrumental de conceptos que utiliza Varsavsky, sobre todo en su definición de proyectos nacionales alternativos, en su estudio de los estilos tecnológicos, en el uso de modelos de simulación, se acercan mucho a lo planteado por el enfoque de sistemas.

Otros autores se han aproximado al problema de la política científica y tecnológica a partir de la práctica de la investigación científica y del estudio de las condiciones históricas y sociales para el surgimiento de la ciencia. Marcel Roche es un ejemplo de esta corriente y en sus trabajos examina aspectos tan variados como

la introducción de la ciencia moderna en España y América Latina, el papel de la universidad y de los institutos independientes de investigación, la naturaleza de la política científica, y los problemas de la planificación de la ciencia.⁸ Roche también analiza las condiciones para el surgimiento de la ciencia moderna en países subdesarrollados, llegando a la siguiente conclusión:

... la ciencia y la tecnología relacionada con ella, encuentran la mejor oportunidad de florecer, al menos cuantitativamente, en un país subdesarrollado joven, rico pero no demasiado rico, que ha decidido asignar recursos considerables a las actividades científicas; debe tener una religión muy tolerante, o no tener religión alguna, al mismo tiempo, debe respetar a la ciencia por sí misma y estar deseoso de obtener las buenas cosas de este mundo puestas a su disposición por la ciencia y la tecnología; debe tener una industria independiente, incluyendo una industria bélica; debe estar bajo la influencia de una educación que enfatiza una actitud crítica, independencia y creatividad; debe ser económicamente independiente, y tener un amplio mercado para sus productos.⁹

Si bien los planteamientos de Roche surgen de la reflexión y de un ordenamiento de sus experiencias como investigador y responsable

⁸ Véanse sus ensayos recopilados en *La ciencia entre nosotros*, Caracas, Ediciones IVIC, 1968; y *Descubriendo a Prometeo*, Caracas, Monte Avila, 1975.

⁹ M. Roche, "Factors Governing the Scientific and Technological Development of a Country", *Scientia*, vol. CXI (1976), pp. 75-84.

de políticas, y de sus trabajos sobre los aspectos históricos de la ciencia, sus puntos de vista no son necesariamente contrarios al enfoque de sistemas y aún podría decirse los complementan.

Mario Bunge es otro autor que comparte los puntos de vista de Roche y trata el problema de la política científica y tecnológica desde un punto de vista filosófico. Bunge es ampliamente conocido por sus trabajos sobre filosofía y metodología de la ciencia,¹⁰ y en los últimos años ha volcado sus conocimientos y experiencia al examen de los problemas del desarrollo científico y tecnológico. A partir de sus reflexiones sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología moderna, Bunge deriva la necesidad de una “planificación liberal” de la ciencia que responda a objetivos estrictamente “intra-científicos”.¹¹ En un libro reciente, Bunge propone un marco conceptual y políticas para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en los países del tercer mundo, para lo cual hace uso extensivo del enfoque de sistemas. De esta forma Bunge —quien es uno de los más ardorosos defensores del concepto de ciencia universal en oposición, por ejemplo, a las ideas de Varsavsky— parte de consideraciones filosóficas y llega a la conclusión de que la ciencia y la tecnología modernas deben desarrollarse en un contexto social más amplio:

¹⁰ Véase, por ejemplo, M. Bunge, *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*, Barcelona, Ariel, 1972.

¹¹ Véase el último capítulo de su libro *Teoría y realidad*, Barcelona, Ariel, 1972.

La sociedad humana no es ni un bloque macizo ni un mero conjunto de individuos, sino un sistema concreto analizable en cuatro subsistemas principales. Estos son el sistema biológico. . . , el sistema económico. . . , el sistema cultural. . . , y el sistema político. Cada uno de estos subsistemas interactúan fuertemente con los otros tres, por lo cual ninguno se desarrolla autónomamente, es decir, independientemente de los demás.

El desarrollo científico y técnico requiere del desarrollo de la sociedad en todos sus aspectos. . . No hay desarrollo sostenido y provechoso de la ciencia y la técnica si no es un aspecto del desarrollo integral (biológico, económico, cultural y político) de la misma.¹²

Es así que, por caminos diferentes, los estudiosos del cambio técnico, los seguidores del enfoque ideológico-utopista, quienes adoptan una visión histórica y pragmática, y quienes parten de una perspectiva filosófica y metodológica complementan al enfoque de sistemas y aún hacen planteamientos que convergen con él.

Críticas al enfoque de sistemas

El enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica ha sido cuestionado desde varios puntos de vista. Dejando de lado las críticas al interior de esta corriente de pensamien-

¹² Mario Bunge, *Ciencia y desarrollo*, Buenos Aires, Siglo Veinte, 1980, pp. 132-134.

to, que se refieren a los aspectos específicos de los modelos conceptuales propuestos, (e.g. necesidad de incluir actividades de ingeniería y consultoría, de darle lugar a la tecnología tradicional, de considerar los aspectos internacionales, de ampliar el tratamiento de subsistema educativo, etc.), examinaremos en primer lugar las críticas sustantivas más importantes de orden conceptual, representadas por los ensayos de Hodara, Amadeo, Nadal, Girvan y Oszlak.

Las principales objeciones de Hodara se resumen en el ensayo "En contra de un enfoque Holístico",¹³ en el cual considera que la tendencia prevaleciente en el diseño de las políticas científicas y tecnológicas en América Latina ha sido el tratar a la ciencia y tecnología como componentes inseparables de un proceso unificado de generación de conocimientos. Hodara caracteriza al enfoque holístico de la siguiente manera:

En el contexto de políticas científicas y tecnológicas en América Latina, el holismo involucra por lo menos tres supuestos. Primero, que la ciencia y la tecnología, al ser partes de un continuo, se refuerzan la una a la otra. Esto es, acciones que se toman en un punto (i.e. investigación básica) tendrían un impacto directo en otro punto (i.e. innovaciones comercializables) . . .

¹³ Joseph Hodara, "Science and Technology in Latin America: Against a Holistic Approach", en B. Thomas y M. Wionczek (Editores), *op. cit.*

Segundo, el holismo quiere decir centralización. . . y mientras más grandes los obstáculos que enfrenta el progreso científico y tecnológico, mayor será la necesidad de bendición e intervención gubernamental.

Tercero, este modelo conceptual y organizativo quizás no es aplicable en todas partes. . . pero para muchos representa una situación tanto normal como deseable. . . Nuestra tesis es que este enfoque que engloba todo genera confusión y es a la vez contraproducente.¹⁴

Al plantear estas objeciones, Hodara considera necesario aclarar que no está en contra de la formulación de políticas científicas y tecnológicas, sino del estilo que las ha caracterizado en América Latina. Desde su punto de vista el enfoque holístico, tal como él lo define, adolece de cuatro defectos analíticos: impide un examen cuidadoso de la dinámica específica de la ciencia y de la tecnología, limitándose a planteamientos explicativos reduccionistas de tipo económico; tiende a culpar a los científicos de la poca utilización del conocimiento moderno y de innovaciones, dejando de lado la responsabilidad de las élites políticas y de otros factores estructurales; no estimula la discriminación en la búsqueda de maneras de promover talentos y carreras científicas y tecnológicas; y finalmente, crea confusión en la evaluación del universalismo y la particularidad de la empresa científica. Sin embargo, Hodara es cuidadoso al indicar que:

¹⁴ J. Hodara, *op. cit.*, 179.

Ciertamente, estos defectos no se derivan directamente del enfoque holístico. Diferentes variables intermedias tienen un impacto sobre ellos. Nuestro argumento es que este enfoque estimula configuraciones a lo largo de estas líneas.

Por último, entre las consecuencias contraproducentes de este enfoque, Hodara señala la tendencia a agrupar a los aspectos tecnológicos y los científicos bajo el mismo esquema institucional y presupuestario; el hecho de que este enfoque, al poner aparentemente mayor énfasis en las instituciones políticas, estimula a los hombres con iniciativa y talento a orientarse hacia ellas y no hacia la práctica de la ciencia; y que el holismo pretende imponer una racionalidad global que casi no toma en cuenta las incertidumbres que rodean a las actividades científicas y a las decisiones tecnológicas.

Pese a que critican al enfoque holístico como generador de confusión, las críticas de Hodara son, a su vez, un tanto confusas. Su concepción del enfoque holístico no puede atribuirse a la mayoría de los autores que se adhieren al enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica latinoamericana. Por ejemplo, contrariamente a lo que señala Hodara, generalmente se acepta la diferencia entre ciencia y tecnología y entre políticas científicas y políticas tecnológicas, la deseabilidad de un esquema centralista para el desarrollo de la ciencia y la tecnología está muy lejos de ser aceptada, y se tiene plena conciencia de la imposibilidad de desarrollar esquemas normativos de aplicación

universal. Esto contradice la caracterización que Hodara hace del enfoque de sistemas, a menos que se establezca una diferenciación entre “enfoque holístico” y “enfoque de sistemas”. Por último, resulta muy difícil deducir los cuatro “defectos analíticos” que Hodara indica de cualquiera de los principales textos sobre el enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica.

Sin embargo, Hodara tiene razón cuando arguye que el enfoque de sistemas tiende a imponer una visión racionalista que no toma en cuenta las incertidumbres inherentes a la práctica de la ciencia y la tecnología. Más aún, si la corriente principal del enfoque de sistemas correspondiera a la imagen que Hodara tiene del enfoque holístico, sus otras críticas serían probablemente válidas.

En dos reseñas de libros, Hodara ha planteado también algunas críticas al enfoque de sistemas, tal como lo presentan los trabajos de Sagasti y de Halty. Por ejemplo, al reseñar una colección de ensayos del autor,¹⁵ Hodara considera que ellos “presentan debilidades que peculiarizan no sólo a Sagasti, sino a toda una etapa (significativa en la conceptualización de desarrollo científico-técnico)”. Estas flaquezas serían la ahistoricidad del enfoque que, de acuerdo a Hodara, no se remedia con la preparación de monografías históricas, ya que la “clave parece

¹⁵ J. Hodara reseña de F. Sagasti, *Tecnología, planificación desarrollo autónomo*, en *INTERCIENCIA*, vol. 3, (1978), núm. 2, pp. 121-122.

radicar en una mesurada y penetrante exploración que aún debe tomar cuerpo”; el sesgo tecnoburocrático que caracteriza al enfoque de sistemas, el cual raya en el voluntarismo, y que soslaya “la irracionalidad y el conflicto, la paradoja y el giro inesperado”; y la falta de estudios empíricos en el nivel específico de rama industrial, disciplina, teoría, etcétera.

En una reseña del libro póstumo de Halty,¹⁶ Hodara lamenta la falta de datos cuantitativos, entrevistas pormenorizadas y precisiones históricas, pese a lo cual señala que la generación que Halty orientó se caracterizó por intuiciones de sorprendente precisión. La principal crítica que hace Hodara al trabajo de Halty, y por extensión a la mayoría de los proponentes del enfoque de sistemas, es su propensión “ingenieril”:

El *impulso ingenieril* de esta obra y de aquel recodo generacional tiene varias manifestaciones. Una es el amor por las gráficas (el libro contiene 27) que sin duda poseen un valor didáctico e ilustrativo, pero que suelen cultivar ilusiones estáticas y mecanicistas. Pues las decisiones se traducen en flechas, y las flechas —cuando están divorciadas de análisis históricos pormenorizados o de series temporales significativas— acartonan en lugar de penetrar en el espíritu científico. También fue debilidad de esa generación el préstamo indiscriminado al lenguaje del análisis de sistemas. Es necio negar valor a este artefacto analítico,

¹⁶ J. Hodara, reseña de M. Halty, *Technological Development Strategies for Developing Countries*, en *Comercio Exterior*, vol. 31 (1981), pp. 564-567.

pero también es insensato descuidar una de sus trampas: el desplazamiento del examen sustantivo en favor del formalismo vacío (subrayado en el original).

Al margen de los juegos de palabras y las ambigüedades, las críticas de Hodara al enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica latinoamericana tienen validez en cuanto apuntan hacia el excesivo formalismo que oculta las irracionalidades, los conflictos, y las contradicciones que subyacen el funcionamiento de los sistemas sociales. En cierta medida, estas críticas se aplican también a los primeros trabajos de Hodara, en los cuales hace amplio uso de esquemas conceptuales derivados del enfoque funcionalista en la sociología de la ciencia.¹⁷

Amadeo ha formulado algunas críticas al enfoque de sistemas y a los consejos nacionales de ciencia y tecnología en América Latina,¹⁸ a los cuales considera en gran medida influenciados por el enfoque de sistemas y critica sus planteamientos en la siguiente forma:

Sagasti y otros autores que han seguido de cerca su enfoque ofrecen taxonomías muy detalladas de las actividades del sistema científico y tecnoló-

¹⁷ Véase por ejemplo, J. Hodara, *Científicos vs. políticos*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1969.

¹⁸ Eduardo Amadeo, "National Science and Technology Councils in Latin America: Achievements and Failures of the First Ten Years", en B. Thomas y M. Wionczek (Editores), *op. cit.*

gico, y de las interacciones entre sus componentes. El ejercicio se completa proponiendo maneras y medios para mejorar la sistematización del todo, hasta el punto en el cual es posible delinear las características de una “metodología de planificación idealizada”. De acuerdo a Sagasti, se puede construir un modelo sin tomar en cuenta el área o región para la cual se aplicaría el método. . .¹⁹

A partir de estas apreciaciones, Amadeo plantea que es necesario contar con “esquemas conceptuales más adecuados a la especificidad compleja de cada situación histórica” y enuncia las principales limitaciones del enfoque de sistemas en los siguientes términos:

1. Se centra sobre las interrelaciones y sus resultados: los flujos; no sobre los determinantes de tales flujos. A primera vista, visualizamos los subsistemas como cajas negras que generan productos, servicios, recursos y reciben insumos similares de los subsistemas correspondientes. . . Parece no existir actores sociales, intereses definidos, cuyo comportamiento o relaciones diferenciales pueden explicar la dinámica de los subsistemas. . .

2. . . . los subsistemas reguladores cultural y político aparecen desconectados de la sociedad que regulan, como entidades distantes que emiten órdenes, crean patrones, etc., sin ser influenciados por las características y dinámica de tales sociedades. . .

3. En todo este enfoque hay una marcada tendencia a considerar que los aspectos tecnológicos

¹⁹ E. Amadeo, *op. cit.*, p. 150.

poseen una racionalidad interna que determina su evolución. . .²⁰

Algunas de las críticas conceptuales de Amadeo fueron anticipadas en el trabajo del autor que él cita. Por ejemplo, al hablar de la “metodología idealizada de planificación”, se especificó que “. . .por definición, el ideal es algo que no puede ser alcanzado, pero sólo aproximado indefinidamente. . . diferentes condiciones históricas, patrones culturales, y entornos pueden hacer necesario definir la metodología de planificación idealizada en diferentes términos para cada caso individual”. El ideal de la metodología de planificación era visto en referencia a una situación específica, en la cual “El método de planificación debe empezar por reconocer la complejidad inherente del sistema científico y tecnológico y de los otros sistemas con los que se relaciona, intentando enfrentar esta complejidad sin reducirla”. Por lo tanto se trata de un “ideal” relativo, particularizado para cada situación concreta.²¹

Al considerar estas críticas al enfoque de sistemas, es también importante recordar las apreciaciones sobre la situación de los marcos conceptuales para la política científica y tecnológica con anterioridad a la difusión del enfoque de sistemas. Por ejemplo, al reseñar los métodos

²⁰ E. Amadeo, *op. cit.*, pp. 150-151.

²¹ F. Sagasti, *A Systems Approach to Science and Technology Policy-Making and Planning*, Departamento de Asuntos Científicos. OEA, Washington, D.C., 1972, pp. 78-80.

disponibles para la planificación científica y tecnológica previos a la difusión del enfoque de sistemas,²² el autor destacó la falta de tratamiento de las interacciones entre actividades científicas y tecnológicas y su entorno; la no consideración de los aspectos institucionales; la falta de objetivos a largo plazo; el énfasis excesivo en la definición de prioridades y la asignación de recursos; la falta de una concepción crítica del papel de la ciencia y la tecnología en el proceso de desarrollo; y el considerar a la estrategia de desarrollo socioeconómico como una variable independiente. Se llegó a la conclusión de que “Es necesario examinar en forma crítica las relaciones entre ciencia y tecnología, subdesarrollo y la estrategia general de desarrollo en un contexto histórico, geográfico y social dado”. Si bien estas apreciaciones no responden a todas las críticas de Amadeo, sobre todo aquellas referentes a los determinantes del comportamiento de los diferentes actores y el planteamiento implícito de una racionalidad propia e interna del subsistema científico y tecnológico, anticipan aquellas que cuestionan al enfoque de sistemas por ser a-contextual y a-histórico.

Otras de las críticas al enfoque de sistemas han sido dirigidas a los trabajos en torno al Proyecto STPI sobre instrumentos de política

²² F. Sagasti, “Towards a Methodology for Planning Science and Technology in Underdeveloped Countries”, Tesis Doctoral, Universidad de Pennsylvania, agosto de 1972, capítulo 3.

científica y tecnológica. En una reseña del primer volumen de la serie de 20 publicaciones sobre este proyecto, Girvan²³ criticó la falta de una teoría explícita sobre el papel de la ciencia y tecnología en el desarrollo y sobre el cambio técnico en economías dependientes. Esta crítica puede considerarse como una variante de las críticas sobre formalismo excesivo mencionadas anteriormente. De acuerdo a Girvan:

Existe la impresión que la focalización sobre instrumentos de política y comportamiento tecnológico fue adoptada como una alternativa a enfoques "teóricos" y "académicos" al problema. . . Pero esto indica un malentendido sobre lo que es una teoría: por ejemplo, una teoría del cambio técnico consiste de nada más que planteamientos sobre las causas del cambio técnico y su efecto sobre el proceso; los instrumentos de política, para ser efectivos deben operar a través de las causas. La hipótesis implícita en STPI. . . es que los instrumentos de política son de alguna forma variables independientes. . . Los resultados contradicen la conficción implícita subyacente en el proyecto de que existen instrumentos de política tecnocráticamente "correctos" que pueden ser empleados para lograr ciertos resultados.

Durante la ejecución del Proyecto STPI se tuvo plena conciencia de estas limitaciones. Como se indicó en el informe comparativo central del proyecto: "El primer marco conceptual y el diseño de investigación. . . fue bastante for-

²³ Norman Girvan, "Every Case a Special Case?", *Mazingira*, núm. 8, 1979, pp. 11-16.

malista, derivado del pensamiento del enfoque de sistemas. Sirvió, empero, como punto de partida. . .”²⁴ La aceptación de las limitaciones inherentes al enfoque de sistemas y su orientación tecnocrática, también fue planteada en dicho informe comparativo:

El diseño original de STPI como una investigación orientada hacia la acción contiene un sesgo tecnocrático. . . Este sesgo es una limitación que no se puede evitar del todo una vez adoptada la perspectiva de orientación hacia la acción. Sin embargo, ninguno (de los investigadores) se vió cegado por la ilusión tecnocrática que obviara el examen de las premisas de los procesos de desarrollo. . . Un evitamiento total del sesgo tecnocrático hubiera requerido un conocimiento profundo de los actores del proceso político y una comprensión de sus motivaciones, imposibles de darse dentro del marco del Proyecto STPI.²⁵

Las pautas metodológicas del Proyecto, basadas en el enfoque de sistemas, no llegaron a postular las teorías a que se refiere Girvan, las cuales explicarían el papel y las motivaciones de los diferentes actores en el desarrollo científico y tecnológico y en el cambio técnico. Sin embargo, se buscó superar estas limitaciones en el Proyecto STPI. Por ejemplo, Alejandro Nadal, coordinador del equipo mexicano, refiriéndose

²⁴ F. Sagasti, *Ciencia y tecnología para el desarrollo: informe comparativo central del Proyecto STPI*, Bogotá, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 1978, p. 18.

²⁵ F. Sagasti, *op. cit.*, pp. 66-67.

al concepto de comportamiento tecnológico, plantea que:

... la metodología basada en el concepto de decisiones tecnológicas adolece de limitaciones que es preciso explicar. Primero, se trata de un concepto formal, sin ningún contenido y se ignora de esta manera el verdadero objeto de una decisión empresarial relacionada con cambios técnicos. . . Segundo, el proceso de toma de decisiones es un fenómeno complejo cuyas diferentes fases a menudo pasan desapercibidas para los sujetos en él involucrados. . . Por último, se tiene que advertir que la metodología utilizada no permitió el estudio del comportamiento. . . en un período de tiempo más o menos largo. . .

Con el fin de superar en parte estas limitaciones, se vinculó el contenido de las decisiones tecnológicas con cambios en la tecnología de producción, de producto y de materiales.²⁶

La falta de una teoría que explique los determinantes de comportamiento, los intereses y las motivaciones de los actores, y las causas primarias que condicionan el proceso de desarrollo científico y tecnológico aparecen nuevamente como una de las principales limitaciones.

Las críticas que Oszlak hace al enfoque de sistemas,²⁷ por su formulación de modelos ideales

²⁶ Alejandro Nadal, *Instrumentos de política científica y tecnológica en México*, México, El Colegio de México, 1977, p. 64.

²⁷ Oscar Oszlak, "Política y organización estatal de las actividades científico-técnicas en la Argentina: crítica de modelos y prescripciones corrientes", Buenos Aires (mimeo), 1976.

abstractos y por su concepción un tanto ingenua del papel del Estado, apuntan hacia las limitaciones más serias del enfoque y merecen citarse extensivamente. De acuerdo a Oszlak:

El análisis de sistemas inspiró la mayor parte de los modelos utilizados, debiendo reconocerse un creciente grado de sofisticación en las formulaciones. Por ejemplo, los primitivos diagramas de flujo fueron reemplazados. . por complejas tramas de interrelación que incorporan una dimensión temporal a efectos de observar los cambios que progresivamente deben tener lugar. . . para que se cumpla una estrategia de desarrollo científico y tecnológico.

La estrategia implícita en esta visión sistémica consistía, en definitiva, en consolidar los anclajes del sistema científico y tecnológico con el sistema productivo y el aparato estatal.

La primera de las críticas de Oszlak a este enfoque se refiere a la abstracción normativa que no brinda un marco interpretativo para el diseño de estrategias:

. . . La construcción de un sistema ideal de relaciones constituye una abstracción en la cual sus distintos componentes se comportan de acuerdo con pautas y criterios previamente especificados. En la medida en que los comportamientos responden a estas pautas y criterios, se presume que se maximizará la productividad o desempeño del sistema. Hasta aquí el procedimiento es legítimo y se ajusta al modo en que habitualmente se construyen modelos. Los problemas comienzan cuando estos modelos son prescriptos como estados desea-

bles. En tales casos, se convierten en patrones de referencia y medición a efectos de constatar el grado en que el "sistema real" se aparte del sistema deseable.²⁸

Oszlak puntualiza que el análisis de los sistemas reales en términos de estas abstracciones agregadas no permite un diagnóstico efectivo ni ahondar en las causas que impiden el desarrollo científico y tecnológico. Al generar diagnósticos incompletos, no conducen a medidas de política y estrategias efectivas.

El empleo que se ha dado a los modelos postulados por la corriente de pensamiento del enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica ha correspondido frecuentemente a lo que describe Oszlak. El contraste entre modelos sistémicos ideales, generalmente estáticos, y la realidad observada no es suficiente para derivar políticas y estrategias, y es necesario complementar la perspectiva sistémica contextual y extensiva con concepciones teóricas de mayor profundidad.

La segunda crítica de Oszlak se refiere al papel que se asigna al Estado en el enfoque de sistemas aplicado a la política científica y tecnológica:

"Considero (un) error. . . visualizar al Estado como una entidad monolítica en la cual se expresa alguna suerte de voluntad general. Dentro de esta concepción, las definiciones globales de política

²⁸ O. Oszlak, *op. cit.*, p. 8-9.

para las diferentes áreas de actividad estatal serían reflejo inmediato de aquella voluntad y el papel del aparato institucional del Estado quedaría reducido a un mero ejecutor de la misma. . .

Cada organismo estatal constituye un punto de confluencia y canal de entrada y procesamiento de intereses y demandas expresadas no sólo por sectores de la sociedad civil sino también por otras unidades estatales y por los propios miembros del organismo. . . De la confrontación y peso relativo de (tradiciones, rutinas, influencias personales, prestigios institucionales e intereses clientelísticos) surgirá una constelación institucional que en términos de distribución de competencias, asignación de recursos, vinculaciones jerárquicas y autonomías de gestión, se asemejará muy poco a la prevista formalmente en los organigramas y políticas globales.²⁹

Este planteo nos asoma a la visión del Estado que no concuerda con la imagen de unicidad y coherencia sugerida por la posibilidad teórica de definir operativamente políticas globales en ciencia y tecnología. La multiplicidad de actores, sectores e intereses que tal definición afectaría, parece exigir para su materialización la existencia de una clase claramente hegemónica, capaz de articular el sistema científico y tecnológico a los lineamientos de su proyecto político. En algunos casos, puede requerir además el decidido liderazgo de un Estado que, habiendo reconocido el valor del desarrollo científico y tecnológico como instrumento de dominación a escala mundial, está en condiciones de 'forzar' la integración del sistema científico-tecnológico y el sistema productivo para acelerar su mutua expansión.³⁰

²⁹ *Ibid*, p. 17.

³⁰ *Ibid*, p. 20.

Estas apreciaciones de Oszlak sobre el papel del Estado son correctas y es necesario aceptar que el enfoque de sistemas promovió inicialmente una visión un tanto simplista del papel del Estado en el proceso de desarrollo científico y tecnológico. Esta situación se corrigió en cierta medida en el Proyecto STPI, en el cual Oszlak participó como asesor del equipo argentino de investigación, pero no hasta el punto de salvar todas las objeciones planteadas.

Otro conjunto de críticas se ha referido, no al enfoque de sistemas en sí, sino a las consecuencias de orden organizativo que se derivaron de su aplicación. Brawerman y Novick,³¹ en su estudio de los organismos centrales de política científica y tecnológica destacan las divergencias entre el concepto ideal de un organismo central de política y la realidad latinoamericana:

Si bien en muchos países se ha definido un esquema de este tipo, la realidad del área ciencia y tecnología presenta características diferentes.

En efecto, las instituciones del área crecieron en forma desarticulada, obedeciendo a factores históricos coyunturales, manteniendo en algunos casos entre sí relaciones estrechas y sistemáticas, y en otros, desvinculaciones totales.

Para subsistir, las entidades han debido generar su propia política y justificar su existencia en función del respaldo que logran obtener en el sector público y privado y de los recursos que puedan movilizar. Se constituyen así flujos de relaciones e interdependencias que determinan la forma de

³¹ J. Brawerman y S. Novick, *op. cit.* p. 28.

inserción en el medio y sus vinculaciones con el organismo central.

Estas relaciones a su vez modifican su interdependencia con otras entidades e inciden en la evolución interna de las instituciones. Estos flujos no responden entonces a una racionalidad "ideal", donde la integración se produce en base a criterios previamente establecidos y genera la estructuración de un "sistema".

Los esfuerzos que intenta hacer el organismo central en ese sentido suelen ser estériles y no van más allá de la coordinación de algunas instituciones a través de un número limitado de instrumentos operativos.

Este enfoque, que comenzó como una metodología de análisis de la realidad, terminó por convertir el "sistema" en una entidad cuya existencia se determinaba por ley.

La descripción de Brawerman y Novick es muy acertada, corresponde a la forma en que evolucionaron los organismos de política científica y tecnológica en varios países de América Latina, y señala que hubo apresuramiento al pasar de modelos conceptuales a prescripciones organizativas. Amadeo ha hecho críticas similares y ha descrito la forma en que países como México, Brasil y Perú salieron del impasse institucional en que se encontraron los organismos centrales de política científica y tecnológica.³² Por último, Antonorsi y Avalos³³ han realizado

³² E. Amadeo, *op. cit.*

³³ Ignacio Avalos y Marcel Antonorsi, *La planificación ilusoria*, Caracas, Editorial Ateneo, 1980.

un excelente análisis de las fallas y posibilidades de los organismos de política científica y tecnológica en Venezuela, vinculando la evolución organizativa a cambios en los modelos conceptuales y a la predominancia de diferentes grupos de interés.

BALANCE Y PERSPECTIVAS

Las secciones precedentes han examinado las características principales del enfoque de sistemas, su aplicación a la política científica y tecnológica, la manera en que fue introducido en América Latina, su desarrollo e influencia, y las críticas que ha recibido. A los diez años de la formalización y difusión de este enfoque, es necesario re-examinar su validez y sus perspectivas futuras.

Las principales contribuciones del punto de vista sistémico han influenciado fuertemente el pensamiento latinoamericano sobre el tema. El lenguaje de sistemas y la idea del desarrollo científico y tecnológico como parte integral de un proceso económico, social, cultural y político más amplio han sido incorporados al acervo de elementos conceptuales con que se maneja el tema de ciencia y tecnología en América Latina. Por esta razón, no es posible hablar de enfoques diferentes que ofrezcan opciones radicalmente distintas en este campo; más bien es necesario pensar sobre las siguientes etapas del proceso de conceptualización del desarrollo científico y tecnológico, que deberán trascender al enfoque de sistemas.

Los nuevos enfoques conceptuales, que jugarán durante los 80 el papel que jugó la perspectiva de los sistemas en los 70, deben tomar en cuenta y responder a las críticas que se han hecho a este último. Estas pueden resumirse en la siguiente forma:

- El enfoque de sistemas no permite, por sí sólo, analizar las estructuras de poder y los conflictos de intereses, con lo cual se corre el riesgo de un excesivo formalismo. Por lo tanto, debe complementarse con planteamientos teóricos que abarquen estos aspectos.
- El enfoque de sistemas ha conducido, si bien de manera implícita, a una normatividad abstracta y general, rayana con el voluntarismo, que puede conducir a errores y generar frustraciones cuando se advierte el divorcio existente entre el comportamiento real y los modelos propuestos.
- El enfoque de sistemas pone énfasis en lo descriptivo y no en lo explicativo. No postula teorías que tomen en cuenta la dinámica de los procesos históricos y las fuerzas que determinan el comportamiento de los agentes y entidades involucrados en el desarrollo de la ciencia y la tecnología.
- La tendencia a generalizar, globalizar y homogeneizar los fenómenos bajo estudio es inherente al enfoque de sistemas. De esta forma se pueden perder algunas diferencias fundamentales al interior del sistema científico y tecnológico y en sus relaciones con el entorno.

Estas limitaciones pueden considerarse como parte de la agenda de investigación para elaborar nuevos planteamientos en el decenio de los 80. Por otra parte, algunos aspectos de la crítica al enfoque de sistemas, tales como su pretendida

a-historicidad y su carácter a-contextual, no tienen validez y han sido refutados por los proponentes de dicho enfoque.

Luego de una hegemonía de un decenio en el pensamiento latinoamericano sobre política científica y tecnológica, el enfoque de sistemas ha completado su ciclo de desarrollo. Sus principales contribuciones han sido ampliamente difundidas e incorporadas a la teoría y práctica de la política científica y tecnológica, y puede decirse que han sentado las bases para nuevos enfoques en el futuro, cuyo desenvolvimiento debería tomar en cuenta, entre otros, los siguientes puntos.

En primer lugar, no parece apropiado seguir elaborando modelos conceptuales abstractos y esquemas globales del sistema científico y tecnológico. Es poco lo que puede añadirse a lo ya existente en este campo. Sin embargo, algunas aplicaciones del enfoque de sistemas en el nivel sectorial continúan produciendo resultados de interés, pero es probable que encuentren su límite de utilidad en un futuro cercano.

En segundo lugar, es necesario prestar mayor atención a los estudios empíricos, particularmente en lo referente al análisis de procesos históricos y al examen detallado de situaciones concretas en un sector, producto, empresa, tecnología, instituto, disciplina, etc. Al mismo tiempo es necesario reflexionar sobre la práctica de la política y planificación científica y tecnológica, estableciendo un proceso continuo de aprendizaje. Así se equilibraría el formalismo

y la normatividad que caracterizaron al enfoque de sistemas durante el decenio de los setenta.

En tercer lugar, debe darse mayor énfasis a los aspectos culturales de la ciencia y la forma en que incide (o no) en la configuración de una identidad nacional en los países de América Latina. En igual forma, el impacto de la tecnología como agente de cambio social, de modificación de valores, y de perturbación de la relación hombre-medio ambiente debe recibir mayor atención. Esto está estrechamente ligado a la importancia de una visión a largo plazo de América Latina y del papel de la ciencia y la tecnología en las sociedades futuras.

Por último, es necesario actualizar los conceptos de "desarrollo" y "subdesarrollo" otorgando a la capacidad de generar conocimientos el papel protagonista en la concepción del progreso social. Esto implica reinterpretar el desarrollo y el subdesarrollo en términos científicos y tecnológicos, proponiendo teorías y estrategias que incorporen plenamente a estos factores.¹

Puede decirse, entonces, que el enfoque de sistemas en la política científica y tecnológica

¹ Para un planteamiento de este problema, véanse los trabajos del autor: "Reflexiones sobre la endogenización de la revolución científico-tecnológica en países subdesarrollados", *INTERCIENCIA*, vol. 2, 1977, núm. 4, pp. 216-221; "Hacia una ciencia y tecnología endógenas para un nuevo desarrollo", *Ciencia y tecnología y desarrollo*, vol. 3 (1979), núm. 3, pp. 449-466; y "Las dos civilizaciones y el proceso de desarrollo", *Perspectivas*, vol. 10, (1980), núm. 2, pp. 137-154.

latinoamericana ha cumplido su tarea. Considerando en forma aislada y por sí mismo, son escasas las contribuciones adicionales que podría hacer en el futuro. Su riqueza conceptual servirá de base para elaborar nuevos enfoques y postular teorías de desarrollo que ubiquen a la ciencia y a la tecnología en el lugar central que les corresponde a 2 decenios del siglo XXI.

APENDICE "A"

Hacia una conceptualización del sistema científico y tecnológico*

Introducción

Este trabajo presenta tres modelos conceptuales de la nación como sistema, del subsistema científico y tecnológico, y del usuario potencial del conocimiento. Estos modelos constituyen un esfuerzo para ordenar las complejas interrelaciones que surgen del funcionamiento del subsistema científico y tecnológico, y de su inserción en la nación como sistema.

La primera sección presenta un modelo conceptual de la nación-sistema, identificando sus subsistemas componentes y examinando sus interrelaciones más importantes. De esta forma, se establece un marco de referencia para examinar el funcionamiento del subsistema científico

* Este apéndice es la primera traducción al castellano de algunas secciones del trabajo "A Systems Approach to Science and Technology Policy-making and Planning", incluidas como un anexo a mi tesis doctoral. He resitado la tentación de cambiar o modificar el texto que fuera escrito hace más de diez años, a fin de presentar la versión original de los modelos conceptuales propuestos en ese trabajo.

y tecnológico y se define su medio ambiente. La segunda sección trata sobre el subsistema científico y tecnológico, considerándolo como un conjunto de actividades que generan y modifican el bien intangible "conocimiento". Las actividades de apoyo a la generación de conocimientos también se examinan en esta sección. La tercera sección examina el punto de vista del usuario potencial del conocimiento generado por el subsistema científico y tecnológico.

La literatura registra muchos intentos de definir la nación como sistema, entre los cuales se encuentran los trabajos de Ackoff, Gross, Parsons e Isard;¹ cada uno de ellos toma una perspectiva distinta y define a la nación-sistema de manera apropiada a los propósitos particulares de su investigación. No es fácil desenmarañar la compleja red de relaciones, instituciones, interacciones, y muchos otros factores que conforman una nación. Los sistemas no existen por sí mismos, son un producto conjunto de la mente del investigador y de las entidades que éste estudia. En última instancia, la validez y el éxito de una conceptualización particular de la nación como sistema dependerá de su riqueza,

¹ Véase Russel Ackoff, "Operational Research and National Science Policy" en De Reuck, *et al* (eds.) *Decision Making in National Science Policy*, London, Churchill, 1970; Bertram Gross, "The State of the Nation: Social Systems Accounting" en R. Bauer *Social Indicators*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1966; Walter Isard, *General Theory: Social, Political, Economic and Regional*, Cambridge, Mass. MIT Press, 1969; Talcott Parsons, *Societies, Evolutionary and Comparative Perspectives*, Engelwood Cliffs, N. J., Prentice Hall, 1966.

expresada a través de los interrogantes que plantea y de las hipótesis que sugiere al investigador.

La importancia de adoptar el enfoque de sistemas para examinar los problemas de la política científica y tecnológica ha sido enfatizada por Ackoff:

... es necesario, por lo tanto, desarrollar un entendimiento de las relaciones funcionales dentro del subsistema de la ciencia, y entre la ciencia y los otros subsistemas sociales. Tal entendimiento debe ser el resultado de un análisis de estructura y funcionamiento más que de una descripción intensiva y extensiva. En breve, la planificación social requiere teoría a la vez que hechos; sin teoría es como el sexo *sin* pareja. . .²

Análisis de la nación como sistema

Un sistema puede definirse, en el sentido más general de la palabra, como una colección de entidades interrelacionadas, cada una de las cuales afecta al menos potencialmente, el comportamiento de las demás. De acuerdo a esta definición, una nación podría ciertamente considerarse como un sistema, y aquí tomaremos la nación-sistema como marco de referencia en el análisis del sistema científico y tecnológico (C y T). Cubriendo nuestro marco de referencia definiremos también algunos subsistemas adicionales de especial importancia para el subsistema C y T.³

² Ackoff, *op. cit.* p. 85.

³ A fin de ser breves, en el resto de este trabajo denominaremos a estos subsistemas simplemente "sistemas".

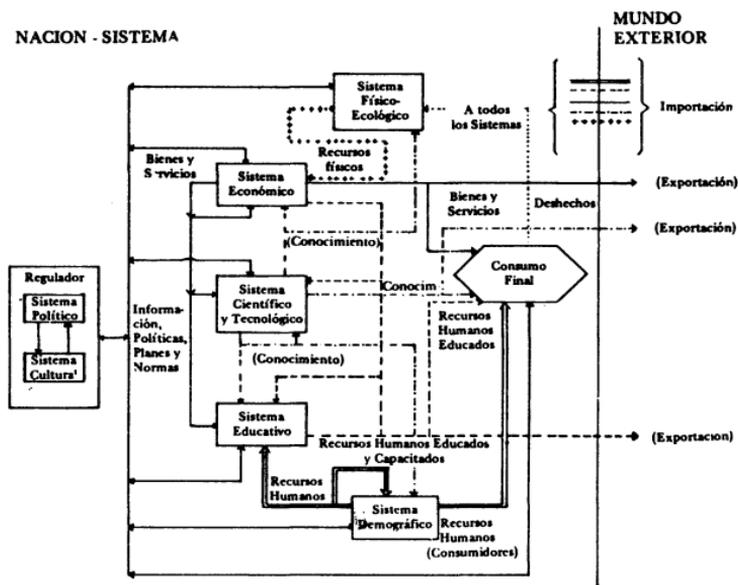


Figura A-1: la nación como un sistema.

El diagrama de la figura A-1, presenta una conceptualización inicial de la nación-sistema y sus diversos componentes. Cada casilla representa un sistema especial y los distintos flujos se indican con líneas diferentes. Tomaremos en cuenta cinco "sistemas operativos" (físico-ecológico, económico, científico y tecnológico, educativo, y demográfico) y dos "sistemas regulativos" (político y cultural).

El sistema científico y tecnológico (C y T) utiliza bienes y servicios provenientes del sistema económico, recursos humanos capacitados provenientes del sistema educativo, y conocimientos obtenidos del propio sistema C y T, como insumos para producir un mayor flujo de conoci-

mientos. El sistema educacional se nutre de los sistemas económico, del C y T, y del demográfico, utilizando bienes y servicios, conocimientos, y recursos humanos respectivamente, combinándolos para producir recursos humanos capacitados.

El sistema económico obtiene recursos naturales del sistema físico-ecológico junto con el conocimiento del sistema científico y tecnológico y de los recursos humanos provenientes del sistema educativo, a fin de producir bienes y servicios. El sistema físico-ecológico provee los recursos naturales empleados por el sistema económico. Finalmente, el sistema demográfico provee los recursos humanos que constituyen un insumo para el sistema educativo, generando también la fuerza de consumo en la nación-sistema, hacia la cual se dirigen los resultados de los sistemas económico, científico y tecnológico, y educacional.

En cada uno de estos sistemas existen decisiones cruciales por tomar. Esto es especialmente cierto en los tres sistemas centrales, el económico, el C y T y el educacional. La proporción de bienes y servicios a ser dirigidos del sistema económico a los demás sistemas y la proporción dedicada al consumo final deben determinarse de una manera u otra. De manera similar, es necesario determinar la proporción del conocimiento producido por el sistema científico y tecnológico que ha de ser considerado como orientado hacia el consumo final y la proporción destinada como insumo a ser utilizado por los otros sistemas. En los sistemas físico-

ecológico y demográfico encontramos decisiones complejas referentes a la velocidad de explotación y recuperación de los recursos naturales y al crecimiento de la población.

Además de estas decisiones, la situación se complica más aún por el hecho de que la nación-sistema no es un sistema cerrado. Importa y exporta, no solamente bienes y servicios, sino también conocimiento en todas sus formas, recursos humanos capacitados, y recursos naturales. La regulación de estas corrientes dentro del sistema (y fuera de éste) es una tarea generalmente lograda, implícita o explícitamente, por los sistemas político y cultural.

Por lo tanto, los sistemas reguladores pueden considerarse como interconectados con todos los otros sistemas. Se nutren de las fuentes de información y generan una corriente de políticas, planes y normas. Si la regulación se logra a través de una acción explícita, puede considerársela como emanada del sistema político. Por otra parte, el sistema cultural actúa como un regulador implícito, ya que las normas y valores pueden inhibir o acentuar ciertos tipos de flujos y actividades en la nación-sistema.

Hasta ahora, hemos propuesto una visión agregada y conjunta de los sistemas dentro de la nación-sistema, y es claro que cada uno de estos podría subdividirse ulteriormente. Por ejemplo, el sistema educacional puede fraccionarse en varios sistemas de dimensiones menores que traten con aspectos particulares de la actividad educacional; si esto se hiciera, solamente el

subsistema de educación avanzada dirigirá sus productos como insumo hacia el sistema científico y tecnológico. El sistema económico podría subdividirse teniendo en cuenta los diferentes sectores de actividad económica, y sería claro que el sistema físico-ecológico alimentaría primordialmente al sector de actividades económicas primarias más que a los sectores secundarios o terciarios de la economía.

En vez de subdividir adicionalmente cada uno de los sistemas tratados aquí, describiremos cada uno por turno, analizando sus interacciones con el sistema científico y tecnológico, el cual nos interesa principalmente en este estudio. Sin embargo, antes de proceder con nuestro análisis debemos prevenir el hecho de que aquí solamente se han considerado los flujos principales entre los sistemas. Estos sistemas tienen interacciones adicionales entre sí, aunque estos efectos de segundo orden sean de menor importancia que los indicados en la figura A-1.

Los sistemas reguladores

El regulador de la nación-sistema contiene tanto el sistema cultural como el político. El sistema político tiene las funciones de generar metas, evaluar alternativas y fijar prioridades. También tiene poder en la forma de influencia política; ejerce autoridad y establece mediación entre los intereses de los individuos, grupos e instituciones de la nación-sistema. El sistema cultural, por otra parte, tiene la función de mantener la estabilidad del sistema de nación

y de legitimizar las actividades y flujos dentro de éste. Los valores y normas culturales son las formas a través de las cuales el sistema cultural se expresa y actúa en los otros sistemas. Este sistema también tiene como función restaurar el balance toda vez que las fuerzas de cambio modifiquen la estabilidad de la nación-sistema.

Los sistemas operativos en la nación-sistema no están afectados sólo en forma pasiva por estos sistemas de regulación. A su vez los modifican y son, de hecho, capaces de ejercer influencias en los tipos de regulación y en la dirección de las acciones regulatorias. Aún más, estos dos sistemas de regulación no actúan independientemente: los valores y normas culturales influyen las políticas y planes del sistema político, pero por otra parte, las políticas y planes pueden ser encauzados hacia el cambio de los valores y normas culturales.

Examinaremos ahora, más detalladamente las relaciones entre los sistemas de regulación y el sistema científico y tecnológico, el cual, en este caso, constituye el centro de nuestro interés.

El sistema cultural se relaciona con el sistema científico y tecnológico de dos maneras: Primero, los valores y normas culturales condicionan la introducción y difusión de los avances científicos y tecnológicos a través de la nación-sistema; esto es particularmente cierto en sociedades carentes de una tradición científica. Segundo, el sistema C y T afecta los valores y normas culturales de la sociedad y no es simplemente -regulado en forma pasiva. No hay duda de que

las actividades dentro del sistema científico y tecnológico, pueden tener, y generalmente tienen, un gran impacto en los sistemas culturales de los países menos desarrollados. Esta conexión entre el sistema C y T, y el sistema cultural no puede ser ignorada.

Los dos tipos de enlaces entre estos dos sistemas pueden conceptualizarse como un intercambio de "valores y normas culturales", un bien intangible que constituye un factor de importancia decisiva en las actividades del sistema científico y tecnológico: una actitud positiva hacia la ciencia y la tecnología, o la existencia de valores y normas culturales que promuevan el desarrollo de la ciencia y la tecnología, puede considerarse, como condición necesaria aunque no suficiente para el establecimiento y desarrollo del sistema científico y tecnológico.

Las formas en que este bien intangible, "valores y normas culturales", se intercambia entre los sistemas cultural y C y T, no son simples en modo alguno. Las relaciones directas de causa-efecto, son prácticamente imposibles de establecer y el patrón de las interacciones no solamente es complejo sino también difuso.

Aquellas actividades tendientes hacia el mejoramiento del prestigio y aceptación de la ciencia en los países subdesarrollados dan un ejemplo de estas interacciones indirectas y complejas. Puede considerárselas como un intento de modificar el sistema cultural de manera que los valores y normas culturales se orienten positivamente hacia la ciencia y la tecnología.

En resumen, las razones que justifican la inclusión explícita del sistema cultural en nuestro análisis se basan en su interacción con el sistema C y T en términos de valores y normas culturales que pueden fomentar o inhibir el crecimiento de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

El sistema político tiene la función general de regular explícitamente la nación-sistema y de proveer algunos servicios. Las actividades políticas y ejecutivas se incluyen en este sistema que está relacionado tanto con el establecimiento de reglas y regulaciones, como con la ejecución y control de las mismas.

Una de las principales funciones de este sistema es el de fijar las prioridades y objetivos, expresándolos en términos de planes y programas de acción. Esto implica que una de las más importantes interacciones entre los sistemas político y C y T, se efectúa a través de la definición de una política que guíe las actividades del sistema C y T, y sus relaciones con otros sistemas de la nación.

La función del sistema científico y tecnológico como proveedor de conocimiento en la forma de asesoramiento al sistema político, ofrece una segunda línea de interacciones. Con la complejidad creciente de la sociedad moderna, esta función ha adquirido una particular importancia, especialmente en las naciones altamente desarrolladas. Sin embargo, esta segunda área de interacción es probablemente de menor importan-

cia en los países subdesarrollados, en donde las actividades del sistema C y T no han penetrado en la nación-sistema en una medida tan amplia.

Finalmente, al considerar el aparato gubernamental dentro de nuestro sistema político, es necesario incluir el flujo de recursos financieros entre las modalidades de interacción. El sistema político provee al sistema científico y tecnológico de los fondos necesarios para llevar a cabo ciertas actividades, especialmente en las áreas de investigación y desarrollo.

Para resumir, podemos postular que la relación entre el sistema C y T y el sistema político se efectúa a través del flujo de normas y recursos desde el sistema político hacia el científico y tecnológico, y a través de un flujo de asesoramiento e influencia del sistema C y T y al político.

Los sistemas operativos

Presentamos ahora un breve análisis de las interacciones entre el sistema C y T y los otros sistemas operativos en la nación-sistema. Empezaremos por el educativo y luego procederemos con el económico y físico-ecológico, concluyendo con un análisis de las relaciones entre los sistemas demográficos y C y T.

El sistema educativo comprende todas las organizaciones, instituciones e individuos comprometidos en la preparación y capacitación de recursos humanos para la nación-sistema. La ma-

yoría de los estudios sobre política científica lo toman en consideración y su influencia en el sistema C y T es ampliamente reconocida.

El sistema educativo se relaciona con el sistema científico y tecnológico en varias maneras. La primera y más obvia, es que suministra recursos humanos al C y T bajo la forma de potencial humano capacitado. La segunda relación, no tan obvia como la anterior, proviene de la función del sistema educativo como medio difusor del conocimiento a través de la nación-sistema. Por lo tanto, la interacción entre los sistemas C y T y educacional se efectúa a través del intercambio de recursos humanos y de conocimientos. Es decir, el sistema científico y tecnológico recibe recursos humanos capacitados del sistema educativo. Y por otra parte, genera y provee conocimiento el cual es utilizado por el sistema educativo y difundido a través del mismo.

El sistema económico comprende todas las actividades, organizaciones, individuos e instituciones dedicadas a la producción y distribución de bienes y servicios. La función general de este sistema es la de proporcionar a los miembros de la nación-sistema, ya se trate de individuos, organizaciones o instituciones, los instrumentos que requieran para la consecución de sus objetivos.

Las relaciones entre los sistemas económico y el científico y tecnológico se han estudiado ampliamente y aquí encontraremos la más vasta (y más confusa) literatura referente a la ciencia

y la tecnología. El patrón básico de la interacción entre estos dos sistemas considera al C y T como proveedor de insumos para el sistema económico en la forma de conocimientos, los cuales le permiten producir bienes y servicios de una manera más eficiente. El sistema económico, a su vez, provee al sistema C y T de recursos financieros, bienes y servicios.

El sistema demográfico tiene como función proveer a la nación-sistema de una base de recursos humanos. Está constituido por todos los individuos en la nación-sistema que de una manera u otra participan en sus actividades. Su participación como consumidores es de especial importancia, puesto que en esta capacidad actúan como recipientes de las actividades generadas por los otros sistemas.

Los vínculos entre este sistema y el C y T son de dos clases: directo e indirecto. El vínculo directo se establece a través de la influencia que el conocimiento generado por el sistema científico y tecnológico tiene en el sistema demográfico, la cual puede ser muy importante, especialmente en el campo de la atención médica y sanitaria. Por ejemplo, el descubrimiento de nuevas drogas y antibióticos y su aplicación extensiva ha reducido los índices de mortalidad en un grado impresionante.

El vínculo indirecto se establece a través del sistema educativo. El sistema demográfico proporciona los recursos humanos que son capacitados por el sistema educativo y convertidos en insumos para el sistema científico y tecnológico.

Otra clase de vínculo está representado por la corriente de información presentada bajo la forma de áreas de problema sugeridas por el sistema demográfico al sistema C y T.

El sistema físico-ecológico está constituido por el medio ambiente físico y ecológico del sistema de nación y tiene como función básica el suministro de recursos naturales al sistema económico, el cual los utiliza como insumos en la producción de elementos y servicios.

El sistema físico-ecológico también se relaciona con el sistema C y T a través de un vínculo directo y uno indirecto. El vínculo directo está constituido por las actividades del sistema científico y tecnológico que afectan la disponibilidad de recursos naturales y sus tasas de explotación y renovación. En este sistema se incluyen las actividades que están dirigidas a la explotación del medio ambiente físico y a la preparación de un inventario de los recursos naturales, así como las orientadas a la determinación de la mejor forma de uso y de renovación de los recursos naturales tales como bosques, selvas y vida marina.

El vínculo indirecto se establece a través del sistema económico, el cual toma los recursos naturales y los transforma en bienes y servicios. Estos son a la vez empleados por el sistema científico y tecnológico a fin de producir conocimiento. Existe otro tipo de vínculo formado por las áreas problema sugeridas para investigación por el medio ambiente físico, o por condiciones ambientales únicas que permitan actividades

especiales de investigación que no sean posibles en otro lugar (v.g., investigación sobre agricultura tropical).

Este análisis del sistema científico y tecnológico se ha desarrollado desde fuera. Empezamos por estudiar la nación como sistema, para luego observar aquellos subsistemas directamente relacionados con el sistema C y T, y para identificar estas relaciones e interacciones. A continuación analizaremos en detalle el funcionamiento interno del sistema científico y tecnológico.

Una aproximación al sistema científico y tecnológico

El sistema científico y tecnológico puede considerarse como una colección de operaciones y actividades interrelacionadas que generan y transforman el bien intangible "conocimiento". Seguiremos los flujos de las diferentes clases de conocimiento a través del sistema, identificando las actividades que lo modifican, y caracterizándolas en términos de los insumos y productos de carácter informativo que se utilizan y generan.

Flujos de conocimiento en el sistema científico y tecnológico

El sistema C y T puede conceptualizarse en términos de un conjunto de flujos de conocimiento y de las actividades que los transforman. El diagrama de la figura A-2 representa estas

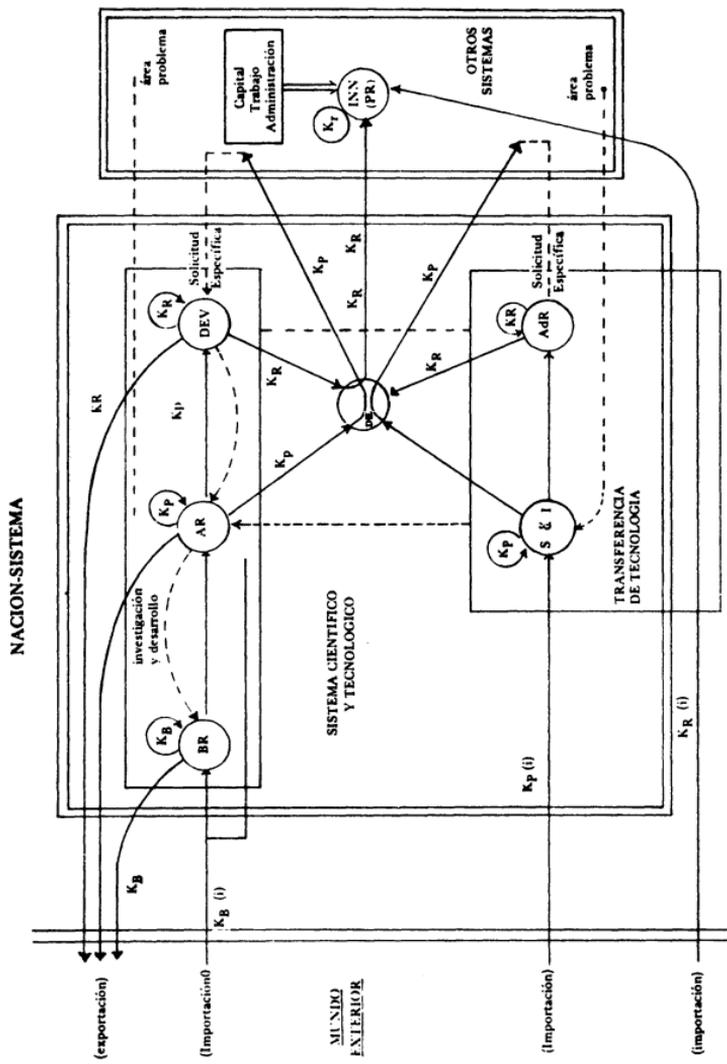


Figura A-2: flujo de conocimientos en el sistema científico y tecnológico

corrientes en forma de flechas y las operaciones efectuadas en éstas, en forma de nodos. Las líneas gruesas indican las corrientes principales de conocimiento; las líneas interrumpidas señalan las corrientes secundarias y las líneas de puntos indican las corrientes de información en forma de áreas problema y de las solicitudes específicas planteadas al sistema C y T. Empezando con el flujo de conocimiento básico, k_B , vemos que éste se puede importar del mundo exterior, $k_B(i)$, o que puede generarse dentro del sistema C y T a través de la actividad denominada "investigación básica" (BR). El conocimiento básico producido en la nación o importado alimenta a las actividades de investigación básica e investigación aplicada. La característica principal de esta corriente de conocimiento básico es que ésta actúa sólo como insumo para otras actividades de investigación, y en especial, para la actividad de investigación aplicada.

La operación denominada "investigación aplicada" (AR) transforma la corriente de conocimiento básico en conocimiento potencialmente utilizable, k_p . Esta operación toma como insumos primarios el conocimiento básico (ya sea importado o generado dentro del sistema), el área de problema (pa) sugerida por las actividades en el sistema C y T o en otros sistemas, y también toma el conocimiento potencialmente utilizable generado por las actividades previas de investigación aplicada. Todos éstos se transforman en conocimiento potencialmente utilizable

el cual, a su vez, actúa como un insumo para las actividades de difusión y desarrollo.

La corriente de conocimiento potencialmente utilizable se transmite a otros sistemas de la nación a través de la "actividad de difusión" (DIF). Una vez que el conocimiento potencialmente utilizable generado por la investigación aplicada, alcanza otros sistemas que perciben la necesidad de éste, se somete una solicitud específica ante el sistema científico y tecnológico, suministrando información adicional sobre la situación concreta en que se desea poner en práctica el conocimiento potencialmente utilizable.

La actividad de "desarrollo" (DEV) produce un conocimiento listo para poner en práctica, k_R , tomando como insumos la corriente de conocimiento potencialmente utilizado las solicitudes específicas (sr) para su empleo, y la provisión de conocimiento listo para poner en práctica generado previamente. Finalmente, la producción generada por esta actividad se utiliza en la actividad denominada "innovación" (INN), la cual generalmente está fuera del sistema científico y tecnológico y que consiste en poner en uso práctico el acervo y la corriente de conocimientos generados por el sistema científico y tecnológico. Esta actividad toma como insumos, además de la corriente de conocimiento listo para poner en práctica, las capacidades administrativas, el capital y el trabajo.

Las exportaciones de conocimiento básico, potencialmente utilizable y listo para poner en

práctica, constituyen tres corrientes adicionales generadas por las actividades de investigación básica, investigación aplicada, y desarrollo.

Las cuatro actividades de investigación básica, investigación aplicada, desarrollo y difusión conforman lo que generalmente se agrupa bajo el nombre de "investigación y desarrollo". Sin embargo, para la mayoría de las naciones-sistema estas cuatro actividades no agotan el conjunto de las operaciones efectuadas dentro del sistema científico y tecnológico. Hay dos actividades adicionales que también son de importancia en el sistema C y T. Estas son la actividad de "búsqueda e identificación" y la actividad de "investigación adaptativa".

La actividad de "búsqueda e identificación" (S & I), importa conocimiento potencialmente utilizable proveniente del exterior, k_p (i), y selecciona una o más unidades de conocimiento que se ajusten particularmente al área problema planteado al sistema C y T. Estas unidades seleccionadas del conocimiento potencialmente utilizable, k'_p , se transmiten a los sistemas apropiados a través de la actividad de difusión y eventualmente generan solicitudes específicas al sistema C y T. La operación de "investigación adaptativa" (ADR) acopla estas solicitudes específicas con el conocimiento potencialmente utilizable procesado por la actividad de búsqueda e identificación (S & I), a fin de generar conocimiento adaptado, k'_r , listo para poner en práctica, el cual, a su vez, se incorpora en la actividad de innovación descrita anteriormente.

Otra actividad que se puede considerar como perteneciente al sistema científico y tecnológico, aunque no está debidamente clasificada dentro de éste, es la que denominaremos "investigación de la producción" (PR). Esta actividad comprende todas las operaciones efectuadas para acrecentar la corriente de conocimiento listo para poner en práctica en un sector de aplicación, una vez que éste ha sido puesto en práctica por primera vez a través de la innovación.

Las líneas secundarias de información que vinculan la actividad de investigación aplicada con la búsqueda e identificación y la actividad de desarrollo con la de investigación adaptativa, sugieren que estos dos pares de actividades efectúan funciones similares empleando el conocimiento potencialmente utilizable generado internamente o importado respectivamente. Se podría argumentar que las actividades del desarrollo y la investigación adaptativa son esencialmente similares, diferenciándose únicamente por las fuentes de insumo de conocimiento empleadas.

No obstante, hay otra corriente de conocimiento que puede identificarse en la nación-sistema, aunque ésta tenga lugar fuera del sistema científico y tecnológico. Se trata de la corriente de conocimiento importado, $k_R(i)$, listo para poner en práctica que pasa por alto el sistema C y T y alimenta directamente a la actividad de innovación. Este tipo de flujo adquiere una importancia crítica en los países subdesarrollados, en donde el sistema científico y tecnológico se encuentra en sus etapas incipientes y la

mayoría del conocimiento listo para poner en práctica se importa directamente del extranjero.

En la sección anterior, se mencionó el hecho de que el sistema educativo adquiere el conocimiento en todas sus formas como uno de sus insumos a fin de producir recursos humanos capacitados. Esto implica que el sistema científico y tecnológico proporciona al sistema educativo el conocimiento básico, potencialmente utilizables, y listo para poner en práctica. Estas corrientes no se han descrito en la figura A-2 y se originarían en cada una de las actividades descritas en el sistema C y T, convergiendo en el sistema educativo.

Las tablas A-1, A-2, A-3 y A-4 sintetizan las características de las corrientes principales de conocimiento y las actividades que las modifican y transforman.

Actividades de apoyo en el sistema C y T

Existe un número de actividades que pueden considerarse como parte del sistema científico y tecnológico, pero que no están involucradas directamente en la generación o transformación de flujos de conocimiento descritas anteriormente. Estas actividades pueden considerarse como proveedoras de condiciones, canales o medios debido a los cuales se efectúa la corriente de conocimiento dentro y fuera del sistema.

Por lo general, los flujos de conocimiento no son continuos; dentro del sistema C y T existen

Tabla A-1. Tipos de conocimiento en el Sistema Científico y Tecnológico

Tipo de Flujo de Conocimientos	Descripción	Flujo Tangible
<p>Conocimiento Básico (también conocimiento puro, fundamental o científico)</p> <p>k_B - generado internamente</p> <p>$k_B(i)$ - importado</p>	<p>Conocimiento que tiene aplicación amplia e indirecta. Se refiere a fenómenos generales, métodos de investigación, campos de investigación. Es un insumo para las otras actividades de investigación y no puede aplicarse directamente sin ser modificado. Toma la forma de hipótesis, leyes, teorías, postulados, fórmulas, etc.</p>	<p>Fórmulas, leyes, descripción de métodos, teorías, principios, etc., en la forma de documentos de investigación, memoranda de trabajo, artículos científicos, libros, etc.</p>
<p>Conocimiento potencialmente utilizable (también conocimiento aplicado o conocimiento tecnológico)</p> <p>k_P - generado internamente</p> <p>$k_P(i)$ - importado</p> <p>k'_P - seleccionado de $k_P(i)$</p>	<p>Conocimiento que se refiere a un área problema y tiene una aplicación potencial directa, si bien es necesario desarrollarlo más antes de poder emplearlo. Puede ser difundido y comunicado a un usuario potencial y sirve de insumo para la actividad de desarrollo. Toma la forma de descripciones de posibles aplicaciones, lineamientos generales para la acción, y reglas de descripción a seguir en una posible aplicación.</p>	<p>Tecnologías, descripción de reglas de acción y decisión, etc., en la forma de patentes, documentos y memoranda técnicos, descripción de procesos y productos, etc.</p>
<p>Conocimiento listo para poner en práctica (también conocimiento técnico, conocimiento práctico)</p> <p>k_R - generado internamente</p> <p>k_R - importado</p> <p>k''_R - generado internamente a partir de k'_P</p>	<p>Conocimiento dirigido hacia una aplicación específica y está listo para ser incorporado en la actividad innovativa. Es la única forma de conocimiento que puede utilizarse directamente a través de la innovación. Toma la forma de técnicas desarrolladas, planos, especificaciones técnicas, o reglas de decisión específicas a seguir en una aplicación particular.</p>	<p>Descripciones técnicas de procesos, especificaciones de productos, reglas de decisión, etc., en la forma de manuales, planos, documentos de trabajo, listas de especificaciones, etc.</p>

Tabla A-2 Flujos adicionales de información en el sistema científico y tecnológico

Flujo de Información	Descripción	Flujo Tangible
Área Problema (pa)	Un interrogante planteado al sistema CyT en la forma de descripción de un problema que presumiblemente puede ser resuelto generando o importando conocimiento adicional referido a un producto, método, proceso, etc. El área problema también puede ser sugerido por el Sistema CyT.	Solicitudes de información investigación, ideas, etc., en la forma de informes, memoranda, cartas, documentos técnicos, artículos, estudios de factibilidad, etc.
Solicitud específica (sr)	Una solicitud hecha al Sistema CyT en la forma de condiciones particulares bajo las cuales el conocimiento potencialmente utilizable sería transformado y puesto en práctica a través de la innovación	Descripción de una situación específica, en la forma de informes, memoranda, carta, estudios detallados de condiciones particulares, etc.

Tabla A-3 Actividades del sistema científico que modifican los flujos de conocimiento

Actividad	Insumos Principales	Productos Principales	Características
Investigación básica (BR)	1. Conocimiento básico (producido localmente o importado).	1. Conocimiento básico.	Genera conocimiento básico que alimenta otras actividades de investigación.
Investigación aplicada (AR)	1. Conocimiento básico (producido localmente o importado). 2. Área problema. 3. Conocimiento potencialmente utilizable.	1. Conocimiento potencialmente utilizable.	Genera conocimiento potencialmente utilizable que sirve de insumo a la actividad de difusión y debe ser transformado antes de ser incorporado a la actividad innovativa.
Desarrollo (DEV)	1. Conocimiento potencialmente utilizable. 2. Solicitud específica. 3. Conocimiento listo para poner en práctica.	1. Conocimiento listo para poner en práctica.	El conocimiento listo para poner en práctica es, a través de la difusión, uno de los insumos para la actividad innovativa.
Difusión (DIF)	1. Conocimiento potencialmente utilizable. 2. Conocimiento listo para poner en práctica.	1. Conocimiento potencialmente utilizable. 2. Conocimiento listo para poner en práctica.	Su función es hacer el conocimiento potencialmente utilizable y listo para poner en práctica accesible a sus posibles usuarios y beneficiarios.
Búsqueda e Identificación (S & I)	1. Conocimiento potencialmente utilizable importado.	1. Conocimiento potencialmente utilizable adecuado al problema en consideración.	Reduce el rango de conocimiento potencialmente utilizable pertinente y adecuado al área problema.
Investigación Adaptativa (AdR)	1. Conocimiento potencialmente importado adecuado al problema en consideración. 2. Solicitud específica. 3. Conocimiento listo para poner en práctica.	1. Conocimiento listo para poner en práctica.	Adapta el conocimiento potencialmente utilizable importado al problema específico, produciendo conocimiento listo para ser utilizado que es difundido y empleado en la actividad innovativa.
Investigación de Producción (PR)	1. Conocimiento listo para poner en práctica. 2. Información sobre el uso de este conocimiento.	1. Conocimiento listo para poner en práctica.	Genera conocimiento listo para poner en práctica adicional, basado en la forma en que éste está siendo empleado.

Tabla A-4

Resumen de las relaciones entre tipos de conocimientos y actividades que los transforman

Nota. Cada una de las actividades científicas y tecnológicas descritas en la tabla A-3 puede ser considerada como un operador que actúa sobre los flujos de conocimiento e información.

$$1. K_B = BR(k_B, k_B(i))$$

$$2. K_P = AR(k_B, k_B(i), k_P, pa)$$

$$3. K_R = DEV(k_P, k_R, k'_R, sr)$$

$$4. K'_P = S\&I(k_P(i))$$

$$5. K'_R = AdR(k_P, k'_P, k_R, sr)$$

$$6. K_P = DIF(k_P)$$

$$7. K_R = PR(k_R)$$

etapas intermedias en las que convergen las corrientes y de las cuales se originan. Por lo tanto, podemos identificar el primer grupo de actividades de apoyo como aquellas asociadas con la provisión de medios adecuados para manejar estas interrupciones y actuar como depositantes del conocimiento que habrá de

recuperarse posteriormente. Para llenar estos vacíos en las corrientes de conocimiento, tanto en tiempo como en espacio, es necesario realizar ciertas actividades de servicio que incluyen el *almacenamiento y la comunicación* de conocimientos.

Las bibliotecas, los centros de referencia científica, centros de documentación, centros de asesoramiento para información científica y tecnológica, bancos de datos tecnológicos, periódicos y revistas profesionales y científicas, libros de carácter técnico y científico, congresos y conferencias de carácter profesional y científico y todas las actividades asociadas con su instalación y funcionamiento pertenecen a esta primera categoría de actividades de apoyo al sistema C y T.

El segundo grupo de actividades de apoyo comprende aquellas orientadas hacia *proveer una base de datos generales* concernientes al medio ambiente físico, social y cultural de la nación. Esta base de datos actuará como insumo para una variedad de actividades de investigación. Se incluyen aquí los estudios geofísicos y geodésicos, inventarios de recursos naturales, los observatorios astronómicos y meteorológicos, la preparación de cuentas económicas nacionales, preparación de indicadores sociales, y todas aquellas actividades de recopilación de datos generales. El propósito primordial de estas actividades es el de ofrecer una base de información acerca de la nación que constituya un insumo para las actividades que generan y modifican la corriente de conocimiento en el sistema científico y tecnológico.

El tercer grupo de actividades de apoyo está formado por aquellas cuya función es la de asegurar una uniforme y apropiada *transferencia de conocimientos listos para poner en práctica* desde el sistema C y T a los demás sistemas de la nación, así como el establecimiento de procedimientos para la forma en que el proceso de innovación los utilice. Aquí encontramos las actividades de ingeniería y consultoría, estandarización, normalización, control de calidad, instrumentos de prueba y calibración, etc. Dentro de este grupo, también encontramos las actividades relacionadas con la concesión de patentes y licencias, así como las que comprenden el suministro de servicios de diseño a los consumidores potenciales. En resumen, estas son las actividades que regulan la forma en que el conocimiento listo para utilizar se pone en práctica y se emplea posteriormente.

El grupo siguiente de actividades de apoyo se relaciona con los *flujos generales de conocimiento* en todas sus formas desde el sistema C y T hasta la nación como conjunto y al sistema educativo en particular. Aquí contamos con las actividades efectuadas por museos, jardines botánicos y zoológicos, exposiciones y ferias técnicas, etc. Estas actividades suministran una fuente potencial de datos para el sistema científico y tecnológico, actúan como vínculo con el sistema educativo y, a través de su relación con el público en general, también se las puede considerar como una actividad de consumo final.

El último grupo de actividades de apoyo con-

grega todas aquellas relacionadas con la definición de políticas y la *planificación* para el sistema científico y tecnológico. Estas pueden ser consideradas como reguladoras del funcionamiento general del sistema C y T, tomando insumos de los dos sistemas reguladores en la nación, el político y el cultural e interpretándolas en el contexto del sistema C y T. En la tabla A-5 se resumen estas actividades.

Tabla A-5
Actividades de apoyo en el sistema científico y tecnológico

Actividades	Funciones
1. Servicios de biblioteca; centros de referencia; bancos de datos; revistas profesionales y científicas; revistas especializadas; libros, reuniones y conferencias, etc.	Proveer continuidad en el flujo de conocimientos, tanto en el tiempo como en el espacio, por medio del almacenamiento y la comunicación de conocimientos.
2. Relevamientos geofísicos y geológicos inventarios de recursos naturales; observaciones meteorológicas y astronómicas; cuentas nacionales y estadísticas económicas indicadores sociales, etc.	Proporcionar un marco de referencias de información y una base de datos sobre el país, que servirán de insumos al sistema científico y tecnológico.
3. Normalización; estandarización; control de calidad; facilidades de prueba y calibración; actividades de licenciamiento y patentamiento; servicios de diseño e ingeniería, etc.	Regular la forma en que el conocimiento listo para poner en práctica es incorporado en la innovación y utilizado posteriormente.
4. Museos; jardines zoológicos y botánicos; exposiciones y ferias técnicas; planetarios; publicaciones de divulgación; etc.	Hacer llegar el conocimiento en todas sus formas a la nación en general y al sistema educativo en particular.
5. Política y planificación para el sistema científico y tecnológico.	Regular la forma en que el sistema CyT opera y se relaciona con otros sistemas en la nación.

El punto de vista del usuario potencial

Para completar nuestro análisis del sistema científico y tecnológico, así como de las corrientes de conocimiento dentro y fuera de éste, sería conveniente examinar brevemente la forma por la cual los consumidores potenciales en cualquiera de los otros sistemas de la nación actuarían en la aplicación del bien intangible "conocimiento". Al describir este proceso, tendremos presente al sistema económico, aunque el análisis siguiente también es aplicable a los sistemas educativo, político, físico-ecológico, etcétera

El diagrama de la figura A-3 señala las etapas por las cuales debe pasar un consumidor potencial para hacer uso del conocimiento provisto por el sistema científico y tecnológico. Para un área problema dada, la primera tarea del consumidor potencial es la de identificar el problema con precisión. Una vez que el área problema haya sido reconocida como tal, se presenta una solicitud de información general al sistema científico y tecnológico, el cual a su vez suministra información en la forma de conocimiento potencialmente utilizable. Tomando a este último como un insumo, junto con el área problema y su identificación, con la información sobre la disponibilidad de recursos y con las restricciones contextuales, el consumidor potencial decide si ha de usar este conocimiento y cuáles de sus aspectos parecen más apropiados de acuerdo al área problema, el medio ambiente y la disponibilidad de

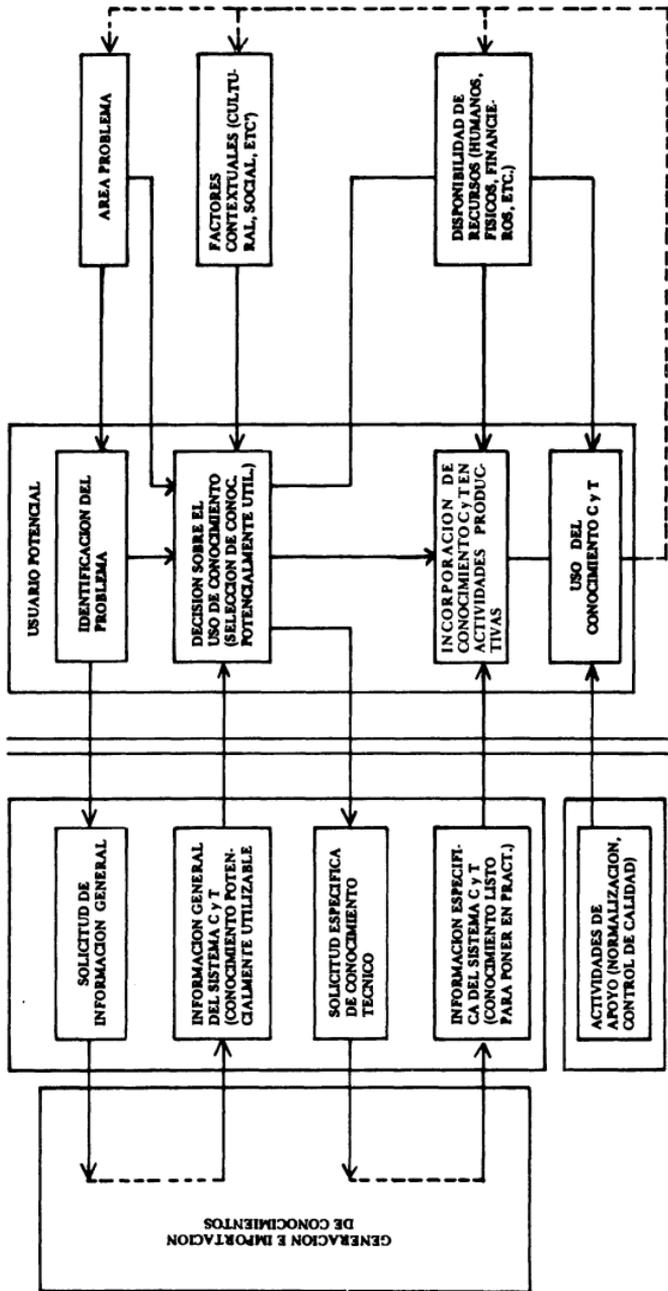


Figura A-3 Utilización del conocimiento desde el punto de vista del usuario potencial.

recursos. Este proceso de selección termina con una decisión de emplear determinadas unidades de conocimiento potencialmente utilizable y de solicitar la información específica sobre la forma de incorporarlos al proceso productivo.

El sistema C y T, al recibir esta solicitud de información específica, la procesa y suministra al usuario potencial el conocimiento listo para poner en práctica, el cual puede incorporarse directamente a actividades productivas.

Una vez que el conocimiento listo para poner en práctica ha sido incorporado, el usuario potencial cuenta con la ayuda continúa de las actividades de apoyo que canalizan los flujos de conocimiento del sistema C y T al usuario y la forma en que éste se utiliza después de su incorporación (normalización, ingeniería, control de calidad, servicios técnicos, etcétera).

Existe una retro-alimentación proveniente del uso del conocimiento hacia las áreas problema, los factores de contexto, y la disponibilidad de recursos. El empleo del conocimiento C y T modifica continuamente a los tres.

En términos de este modelo conceptual, la capacidad del usuario potencial para absorber el conocimiento científico y tecnológico sería una función de cuatro factores: su habilidad para identificar correctamente el área problema que requiera conocimiento C y T, su habilidad para elegir el conocimiento potencialmente utilizable y apropiado, su habilidad para incorporar el conocimiento listo para poner en práctica en el proceso productivo y, finalmente, su habilidad

para utilizar el conocimiento en forma eficiente. Desde el punto de vista del consumidor esta capacidad es crucial puesto que no es suficiente que el sistema C y T genere flujos de conocimiento. Esto sería irrelevante y de poco valor si los usuarios potenciales no los pudieran emplear en forma efectiva.

Nótese que el intercambio de información entre el consumidor potencial y el sistema C y T se efectúa a través de la actividad de difusión. En nuestro análisis de la actividad de difusión en las páginas anteriores, nos concentramos primordialmente en las corrientes de información y conocimiento que van del sistema C y T hacia los demás sistemas de la nación. Cuando se acepta el punto de vista del usuario también se observa que la actividad de difusión procesa las corrientes de información en dirección opuesta, transmitiendo información sobre áreas problema y las solicitudes específicas para el sistema C y T procedente de los usuarios potenciales.

Comentarios finales

En este ensayo hemos empleado el “enfoque de sistemas” para examinar el sistema científico y tecnológico en el contexto de la nación como sistema, buscando establecer un conjunto de relaciones conceptuales entre los diferentes tipos de actividades en la nación que permitan situar las actividades científicas y tecnológicas en una perspectiva adecuada. Estas actividades se examinaron con mayor detalle, relacionándolas con los

flujos del bien intangible “conocimiento” y con las transformaciones efectuadas en éste. Finalmente, las corrientes se analizaron desde el punto de vista de los usuarios potenciales, con el objeto de lograr una visión general del proceso de creación, difusión y utilización del conocimiento.

Desde esta perspectiva, el progreso científico y tecnológico puede definirse como el proceso que empieza con la generación del conocimiento básico, su transformación en conocimiento potencialmente utilizable y en conocimiento listo para poner en práctica, para continuar la difusión de estos tipos de conocimiento hacia los consumidores potenciales en los diversos sistemas de la nación y luego concluir con su utilización. El empleo del conocimiento, a su vez, genera nuevas áreas problema y nuevas solicitudes generales y específicas de conocimiento, lo cual crea necesidades adicionales de conocimiento en todas sus formas. De esta manera, el proceso de generación, difusión y utilización de conocimientos se repite en forma continua.

Sin embargo, esta conceptualización del sistema científico y tecnológico no debe interpretarse en el sentido de que las actividades del sistema se circunscriben estrictamente dentro de límites precisos y claramente establecidos. Cada una de las actividades definidas debe ser considerada como un centro de gravedad alrededor de las cuales se concentran actividades que en realidad se hallan esparcidas a lo largo de un continuo. Por ejemplo, las diferencias entre la investigación básica y aplicada, y entre la

investigación aplicada y desarrollo, no son tan agudas como generalmente se cree, y en el sistema científico y tecnológico existen muchas actividades que no puede decirse pertenezcan exclusivamente a una de estas categorías.

APENDICE "B"

Máximo Halty y el pensamiento latinoamericano sobre política científica y tecnológica*

Durante los últimos 15 años ha sido posible discernir el surgimiento de una "escuela latinoamericana" de pensamiento sobre el tema de ciencia, tecnología y desarrollo, y más específicamente sobre política científica y tecnológica. Esta escuela de pensamiento, con toda su diversidad y variación en cuanto a enfoques, raíces ideológicas y planteamientos para la acción, se distingue claramente de las ideas generadas en otras regiones del Tercer Mundo y de aquellas que provienen de los países desarrollados. No son estas notas el lugar más apropiado para hacer un examen exhaustivo de las características de esta escuela de pensamiento, que empezó a moldearse hacia mediados de la década de los 60, pero sería conveniente señalar algunos de sus rasgos principales a fin de ver cómo las contribu-

* Estas notas fueron publicadas en *Comercio Exterior*, vol. 31, núm. 5 (mayo de 1981), pp. 564-567.

ciones de Máximo Halty influyeron en su evolución.

En primer lugar, el pensamiento latinoamericano sobre política científica y tecnológica se ha distinguido por su carácter global y sistémico. Desde la postulación de modelos formales utilizando el "enfoque de sistemas", hasta la conceptualización del atraso científico-tecnológico latinoamericano en términos de la teoría de la dependencia, se ha evidenciado una tendencia a tratar el problema del avance científico y tecnológico en forma integrada a los problemas de desarrollo, evitando aislarlo de su contexto socioeconómico y cultural.

Una segunda característica ha sido el interés en mantener una visión que abarcara a la vez los aspectos de orden macroeconómico, estudiando tendencias globales y estadísticas generales, al mismo tiempo que se examinaban cuidadosamente los aspectos microeconómicos a través de investigaciones empíricas detalladas. Si bien durante el desarrollo del pensamiento latinoamericano sobre ciencia, tecnología y desarrollo hubo algo de tensión entre estas dos corrientes, lo cierto es que hubo gran interacción entre estas dos corrientes de investigación y formulación de política y que ambas se enriquecieron mutuamente. Más aún, en América Latina surgieron investigaciones con enfoques que abarcaron simultáneamente los aspectos macro y micro, fenómeno que no ha sido muy frecuente en el campo de la ciencia social contemporánea.

El énfasis en los aspectos históricos, heredado

en gran parte de los planteamientos estructurales de la Comisión Económica para América Latina y de los teóricos de la dependencia, fue una tercera característica del pensamiento latinoamericano sobre ciencia, tecnología y desarrollo. Si bien los estudios específicos sobre historia de la ciencia y la tecnología en América Latina recién están en sus inicios, los esfuerzos para vincular el crecimiento de las capacidades científico-tecnológicas con las diferentes etapas del desarrollo socioeconómico en América Latina, ocuparon un papel central en las investigaciones sobre política científica y tecnológica durante los últimos quince años.

Por último, el pensamiento latinoamericano sobre política científica y tecnológica tuvo un fuerte sesgo hacia la práctica, de tal forma que muchos de los resultados de investigaciones fueron empleados directamente en la formulación de políticas en los niveles nacionales, sub-regionales, y regionales. Sin considerar las numerosas instancias en las cuales trabajos de investigación influyeron sobre la toma de decisiones en los organismos nacionales del gobierno, basta recordar la política tecnológica común adoptada por el Pacto Andino sobre la base de un conjunto de investigaciones rigurosas, y la creación del programa regional de desarrollo científico y tecnológico de la Organización de Estados Americanos, sobre la base de los estudios realizados durante varios años por la unidad de política y planificación del Departamento de Asuntos Científicos de la OEA.

En el desarrollo de la escuela latinoamericana de pensamiento sobre ciencia, tecnología y desarrollo, la figura de Máximo Halty ocupa un lugar destacado. Durante la década que trabajó en el Departamento de Asuntos Científicos y Tecnológicos de la OEA, muchos de ellos al frente de la división política y planificación científica y tecnológica, Máximo Halty tuvo una influencia de primer orden sobre la evolución del pensamiento latinoamericano en este campo. Esta influencia se manifestó en tres formas: a través de los numerosos trabajos y estudios que apoyó su División, a través del impacto que tuvieron estos estudios y los proyectos que llevó a cabo su División en la práctica, y a través de las ideas de Máximo Halty sobre el tema de ciencia, tecnología y desarrollo. Las características del pensamiento latinoamericano sobre ciencia, tecnología y desarrollo señaladas anteriormente se derivan en importante medida, de la influencia que tuvo Máximo Halty en su evolución.

Al apartarse Máximo Halty de la OEA, su División había financiado la realización y publicación de más de 250 estudios e investigaciones. La lista de personas que de alguna forma estuvieron vinculadas a su División, constituye un verdadero "quién es quién" en la política científica y tecnológica latinoamericana. Las publicaciones de la OEA en este campo tuvieron una gran influencia en el pensamiento latinoamericano, y las reuniones que organizó constituyeron lugares obligados de encuentro para quienes

trabajaban en el tema. Fuera de las publicaciones que realizó su División, el gran número de libros e informes publicados por centros de investigación y entidades gubernamentales con su apoyo, atestiguan la importancia que los programas bajo la dirección de Máximo Halty tuvieron en el ambiente intelectual latinoamericano.

En cuanto al impacto práctico de los programas bajo su dirección, no creo que exista algún consejo nacional de investigación en América Latina que no haya recibido apoyo de su División en la OEA. Además, los esfuerzos por preparar personal calificado a través de programas de capacitación, los intentos de institucionalizar la cooperación en materia científica y tecnológica en América Latina y el Caribe, las contribuciones financieras a instituciones regionales y subregionales, el apoyo intelectual prestado a reuniones de alto nivel político, tales como la Conferencia sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología al Desarrollo de América Latina (CACTAL), realizada en Brasilia en 1972, y los proyectos operativos que puso en marcha, dan fe del impacto que tuvo la actuación de Máximo Halty al frente de la división de política y planificación del Departamento de Asuntos Científicos de la OEA. Cabe destacar que muchas de estas acciones y proyectos se llevaron a cabo pese a la resistencia de quienes no veían con buenos ojos la evolución del pensamiento y la acción de este campo.

Considerando en forma muy breve la contribución intelectual de Máximo Halty, debemos

empezar por su trabajo sobre "Política y planificación científica y tecnológica" preparado en 1966, en el que vemos surgir, en forma embrionaria, las ideas sobre el "enfoque sistémico" en este campo. Su trabajo sobre "Diagnóstico de la situación sobre ciencia y tecnología en América Latina" presentado en Viña del Mar en 1969, en la reunión del Consejo interamericano para la Educación, la Ciencia y la Cultura, en donde surgiera el programa de desarrollo científico y tecnológico de la OEA, fue el primer intento de realizar un diagnóstico del desarrollo científico-tecnológico latinoamericano, combinando aspectos macro y microeconómicos, y por varios años fue el mejor trabajo sobre el tema. Su ensayo sobre "Producción, transferencia y adaptación de tecnología industrial", escrito en 1972, introdujo una serie de ideas nuevas, algunas de ellas bastante polémicas, que motivaron amplios debates en América Latina y fuera de la región, sobre todo en lo referente a la periodización histórica del desarrollo científico y tecnológico. Por último, después de dejar la OEA, a través de sus trabajos de consultoría con la UNCTAD y del proyecto que realizó con el proyecto del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Máximo entró en el difícil campo de la investigación comparativa, en política científica y tecnológica y desarrolló el concepto de "estrategia tecnológica", el cual venía elaborando cuando lo sorprendió la muerte.

Por todas estas razones Máximo Halty se ha ganado un sitio prominente entre quienes con-

tribuyeron a la evolución de las ideas y a la práctica en el campo del desarrollo científico y tecnológico en América Latina y el Tercer Mundo. Sin embargo, no es sólo por esto que sus amigos lo tendremos siempre presente; lo que recordamos quienes tuvimos el privilegio de conocerlo, es su extraordinaria calidad humana y su inmensa capacidad para disfrutar de la vida. Me tocó verlo en circunstancias muy difíciles, así como en momentos de triunfo y de alegría, y en todo instante su entereza de carácter, su buen humor y su lealtad, fueron un apoyo constante y un ejemplo para sus amigos.

Poco antes de su muerte participamos en una serie de conferencias en Manila y en Khartoum. En ellas, Máximo propuso sus ideas sobre estrategias tecnológicas y los resultados de su proyecto de investigación comparativa sobre política científica y tecnológica. Si bien requerían de ajustes y refinamientos, estas ideas ayudaban considerablemente a plantear los problemas del desarrollo científico y tecnológico de una manera novedosa y permitían ver claramente las consecuencias de orden práctico. Considero una gran pérdida el que Máximo no haya podido completar sus trabajos sobre el tema.

Durante el seminario de Khartoum, un mes antes de su fallecimiento, celebramos los 50 años de Máximo Halty en compañía de Geoffrey Oldham y Amílcar Herrera. Será difícil para nosotros olvidar aquella ocasión, la cual reafirmó los vínculos de amistad, cariño y respeto mutuo en gran medida desarrollados bajo la influencia

de la personalidad de Máximo Halty. Es mucho lo que le debemos, tanto en lo intelectual como en lo personal, los latinoamericanos que trabajamos en la problemática de la ciencia y tecnología para el desarrollo.

APENDICE "C"

La perspectiva sistémica de la UNESCO

Durante varios años, y en especial durante el decenio de los sesenta, la UNESCO auspició un conjunto de trabajos en los cuales se formularon sugerencias que pueden considerarse como precursoras del enfoque de sistemas en la política científica. El director de la División de Política Científica de la UNESCO, Yvan De Hempinne, resumió en 1972 las principales ideas de la UNESCO en su trabajo "Estructuras gubernamentales para el planteamiento de la política científica."¹

De Hempinne presenta una conceptualización del sistema nacional de investigación y desarrollo al que define como: "un conjunto de recursos y actividades científicas y tecnológicas organizadas con el propósito de descubrir, inventar, transferir y promover la aplicación de los nuevos conocimientos con el fin de alcanzar los objetivos nacionales fijados por las autoridades

¹ De Hempinne, Y., "Estructuras gubernamentales para el planteamiento de la política científica" (mimeo), UNESCO, París, 1972.

políticas...”. Planteado de esta forma, el sistema nacional de investigación y desarrollo (I & D) no agota las tareas de la política científica nacional, ya que ésta a su vez engloba una serie de operaciones que relacionan al sistema en cuestión con el resto de la actividad humana.

De Hemptinne explicita claramente esto último, pero dedica su atención al estudio del sistema nacional de I & D, dejando de lado las interrelaciones existentes entre el funcionamiento y evolución de dicho sistema y el conjunto de políticas nacionales (e.g. la relación entre el sistema de I & D y la política educativa), y entre la política científica nacional y el resto de actividades de la sociedad (e.g. la relación entre la política científica y el crecimiento económico). Reconociendo la importancia de esta vinculación, y a pesar de no ser ésta el objeto del estudio, De Hemptinne presenta un diagrama en el que trata de resumir las relaciones existentes entre la política científica y el resto de actividades de la sociedad.

En la figura C-1 podemos apreciar la conceptualización de De Hemptinne. Realmente no necesita mayor explicación que la lista descriptiva que acompaña al gráfico, pero cabe recalcar que se pone énfasis en la articulación entre las diferentes esferas a través de determinadas instituciones. El modelo conceptual propuesto por De Hemptinne es estático y no plantea el desarrollo de estas interrelaciones en el tiempo.

Al examinar el sistema nacional de I & D, De Hemptinne lo considera como un “sistema

cibernético” autónomo, pero que se encuentra sometido a presiones externas, tales como los objetivos nacionales. Estos objetivos nacionales de I & D esbozados por la autoridad política constituyen la finalidad del sistema, que en última instancia justifica su existencia en la sociedad. Sin embargo, el sistema nacional de I & D goza de cierta independencia ya que los investigadores “protegen con razón su libertad de acción insistiendo en la *autonomía* del sistema, de la que se sabe que garantiza eficacia. .”. Esta aparente contradicción, autonomía-finalidad, es superada por medio de “señales”, representadas por flechas en la figura C-2. Estas flechas indican la manera en que el sistema nacional de I & D se adecua a su “medio sin dejar por ello de permitirle guardar sus distancias con el poder del que depende. . .”.

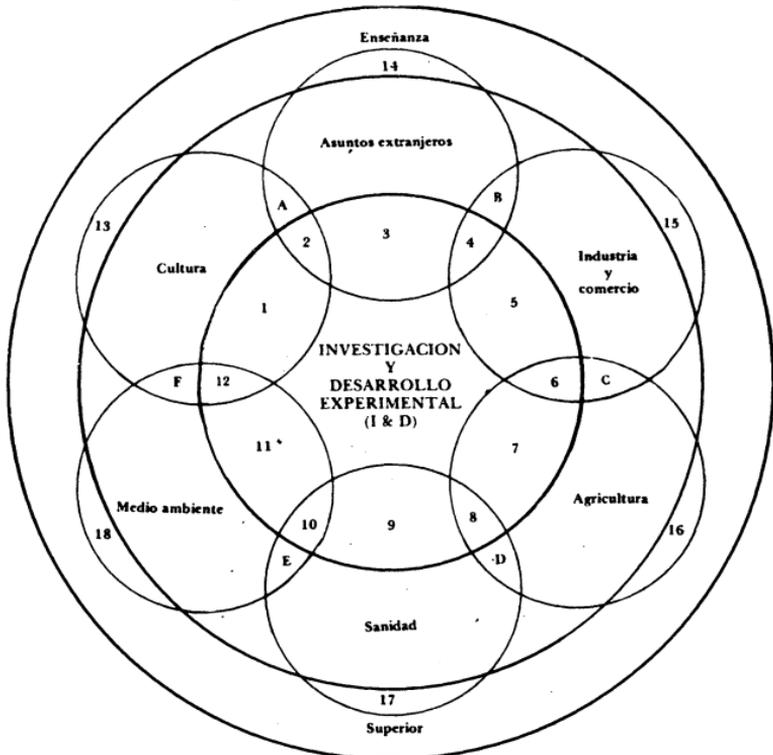
El modelo “cibernético” de la UNESCO contempla la existencia de un flujo de energía y un *stock* de información. El flujo de energía toma la forma de medios financieros, humanos, materiales, etc., y la información se introduce al sistema por el “órgano comparador entre los objetivos fijados y los resultados obtenidos. . .”, de cuya síntesis resulta la acción cibernética.

Otra característica interesante es la distinción funcional que realiza De Hemptinne en su modelo al establecer 3 zonas: la estratégica, la táctica y la zona en que el producto del sistema se utiliza y aplica prácticamente. Al nivel estratégico corresponde la planificación y coordinación interministerial del sistema (zona I), al nivel

táctico la ejecución propiamente dicha de la I & D (zona II), y a la tercera zona corresponde el sector que podría denominarse “usuarios”.

Figura C-1

**La política científica
y sus principales articulaciones con otros
aspectos de la vida nacional**



Explicación del gráfico

Investigación y desarrollo experimental (I & D)

1. Investigación fundamental libre en materia de ciencias exactas, naturales, económicas, sociales, humanas y tecnológicas –Ciencia de la ciencia.
2. Investigación cooperativa internacional en ciencias fundamentales.
3. Investigación sobre las relaciones internacionales, la transferencia de la ciencia y la tecnología, el desarrollo, el comercio, la paz y la seguridad internacionales. Investigaciones de carácter militar.
4. Investigación cooperativa internacional sobre tecnología industrial, transportes y telecomunicaciones.
5. Investigación tecnológica e industrial.
6. Investigación agroindustrial y agrocomercial.
7. Investigación agronómica (comprendidas la pesca y la silvicultura).
8. Investigación sobre nutrición y salud animales.
9. Investigación médica.

10. Investigación sobre higiene y salud pública.
11. Investigación sobre la conservación de la naturaleza. Vigilancia científica del medio: suelos, aguas, océanos, atmósfera, espacio.
12. Investigación sobre la calidad de la vida: hombre-biósfera-relaciones humanas.

Enseñanza Superior

13. Facultades universitarias —Ciencias exactas, naturales, económicas, sociales y humanas.
14. Escuelas especiales de relaciones internacionales y de comercio exterior.
15. Facultades universitarias de ciencias aplicadas — Facultades universitarias de ciencias económicas — Escuelas superiores de ingenieros — Escuelas superiores de comercio.
16. Facultades universitarias de agronomía — Escuelas superiores de ingenieros agrónomos.
17. Facultades universitarias de medicina — Escuelas de medicina.
18. Departamentos universitarios de edafología, hidrología, oceanología, meteorología, cosmología y ciencias del espacio ultraterrestre.

Servicios públicos, científicos y técnicos

Cultura

Museos científicos y técnicos — Colecciones científicas — Exposiciones científicas y técnicas ambulantes — Centros nacionales de información y de documentación científica — Bibliotecas científicas y técnicas, etcétera.

Asuntos exteriores

Servicios diplomáticos, científicos y técnicos — Servicios de cooperación científica y técnica, etcétera.

Industria y comercio

Gabinetes de estudios y de ingeniería — Organismos de evaluación de los resultados de la investigación y de innovación tecnológica — Oficina de patentes, etcétera.

Agricultura

Servicios de extensión agrícola — Servicios de aguas y forestales — Servicios de ingeniería rural — Servicios de medicina veterinaria, etcétera.

Sanidad

Policlínicas universitarias — Servicios de medicina preventiva — Servicios de vacunación, etcétera.

Medio ambiente

Servicios geodésicos y geofísicos — Servicios de topografía y de cartografía — Servicios geológicos y mineros — Servicios hidrológicos — Servicios meteorológicos — Servicios oceanográficos — Servicios ecológicos — Servicios de la hora — Servicios sismológicos y vulcanológicos — Servicios energéticos, etcétera.

En el punto de coincidencia de los diferentes sectores de la vida nacional se sitúan también los servicios públicos, científicos y técnicos que el gráfico de la figura 1 permite distinguir; por ejemplo:

- A. Servicios de relaciones culturales internacionales — Agregados científicos de las embajadas en el extranjero; transferencia de la información científica, etcétera.
- B. Servicios de relaciones industriales y comerciales — Centros nacionales de transferencia tecnológica — Servicios de intercambio de patentes y licencias, etcétera.
- C. Servicios de transformación, conservación, transporte y comercialización de productos agrícolas.
- D. Servicios de alimentación y nutrición humanas.
- E. Servicios de higiene y de salud pública.
- F. Servicios de acondicionamiento del territorio — Servicios de arquitectura urbana

— Servicios de conservación de monumentos y lugares naturales, etcétera

Nota: Existen además otras “articulaciones” que la estructura del gráfico de la figura I no permite percibir. Se trata, por ejemplo, de los servicios de control de productos farmacéuticos y alimenticios (Sanidad-Industria), y de los servicios de control de la producción industrial (Industria-Medio-Sanidad), etc., cuya utilidad o necesidad dependerán de las circunstancias particulares de cada país.

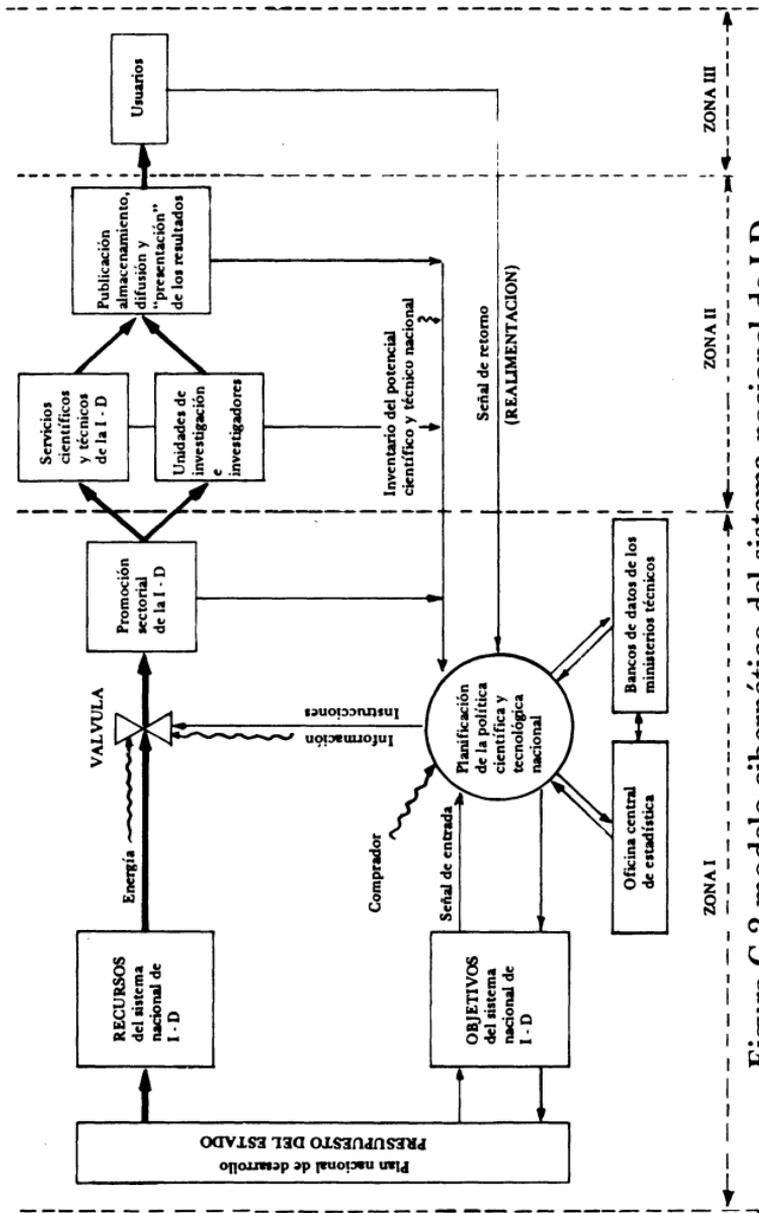
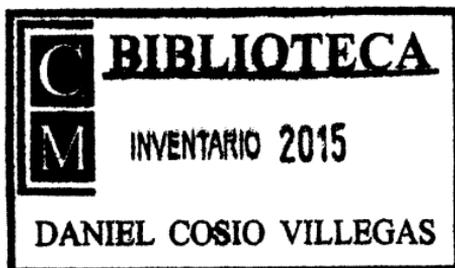


Figura C-2 modelo cibernético del sistema nacional de I-D.

Este libro se termino de imprimir en el mes de julio de 1984 en Grupo Edición, S.A. de C.V., Moras 543-bis, Col. Del Valle, Del. Benito Juárez, 03100 México, D.F. Se tiraron 3 000 ejemplares más sobrantes para reposición. Diseñó la portada Mónica Diez-Martínez. Cuidó la edición el Departamento de Publicaciones de El Colegio de México.



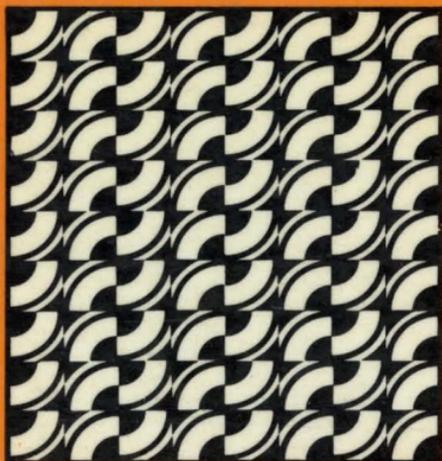
DANIEL COSIO VILLEGAS

EL COLEGIO DE MEXICO

308/J88/no. 101/ej. 2



3 905 0013845 2



El camino y la residencia, dos momentos, dos acepciones de *jornada* definen el carácter de esta colección que El Colegio de México ha venido ofreciendo desde sus primeros días al lector interesado en las humanidades y las ciencias sociales. Cada una de estas *jornadas* es así un libro sencillo —ni la monografía especializada ni el tratado monumental— que satisface la curiosidad por el tema que aborda y, al mismo tiempo, proporciona los medios necesarios para detenerse en él y aun para emprender un nuevo trayecto.



Programa de Ciencia y Tecnología
para el Desarrollo
El Colegio de México