

número 6

volumen 3

Buenos Aires - mayo 1996

REDES

revista de estudios sociales de la ciencia

**El sistema de investigación
posmoderno**

**Política tecnológica en la Argentina:
¿hay algo más que *laissez faire*?**

**La construcción institucional
de la política científica y tecnológica
en el franquismo**

**Dossier: La innovación tecnológica:
definiciones y elementos de base**

Centro de Estudios e Investigaciones
UNIVERSIDAD NACIONAL DE QUILMES



REDES

Director

Mario Albornoz

Secretario de redacción

Pablo Kreimer

Secretario adjunto

Diego Lawner

Comité Editorial

Daniel Chudnovsky

Carlos Correa

Ricardo Ferraro

Enrique Fliess

Carlos Mallmann

Juan Carlos Portantiero

Carlos Prego

Félix Schuster

Judith Sutz

Ernesto Villanueva

Francisco von Wuthenau

Consejo Asesor

Carlos Abeledo

Renato Dagnino

Aldo Ferrer

Rolando García

Iván Lavados

Gustavo Malek

Jacques Marcovitch

Eduardo Martínez

Carlos Martínez Vidal

Riccardo Petrella

Manuel Sadosky

Jean-Jacques Salomon

Jesús Sebastián

Hebe Vessuri

Diseño original

Ronald Smirnoff

Diagramación y armado

Silvana Ferraro

Editorial

5

Abstracts

9

Perspectivas

El sistema de investigación posmoderno

Arie Rip y Barend J. R. van der Meulen

13

Política tecnológica en la Argentina:

¿hay algo más que *laissez faire*?

Daniel Chudnovsky y Andrés López

33

La construcción institucional de la política
científica y tecnológica en el franquismo

Luis Sanz Menéndez

77

Debate

Sociologías del conocimiento:

científicas y anticientíficas

Mario Bunge

125

Dossier

La innovación tecnológica:

definiciones y elementos de base

129

Notas de investigación

El conocimiento tecnológico

Héctor Ciapusio

177

Condiciones socioculturales y cognitivas
en la producción de un campo científico

Valeria A. Hernández

195

Comentarios bibliográficos

211



Cuando este sexto número de *REDES* haya llegado a manos de los lectores, algunos hechos importantes en el arduo proceso de reconstrucción de la capacidad de formular políticas de ciencia y tecnología en la región habrán ocurrido y serán, además, muy recientes. Dos de ellos habrán tenido lugar en Cartagena: la Cumbre de Ministros de Ciencia y Tecnología, en la última semana de marzo, y el Segundo Taller Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología, celebrado en abril. Acostumbrados a la extensa saga de "conferencias" latinoamericanas -y a su retórica- que jalaron los años de institucionalización de la ciencia y la tecnología en nuestros países, cuesta explicar que un par de reuniones puedan ser consideradas como acontecimientos relevantes. Sin embargo, es preciso concederles un crédito.

La reunión de los ministros representa un nuevo intento por devolver a las políticas en ciencia y tecnología un espacio relevante en el conjunto de las políticas públicas en Latinoamérica. El documento resultante del encuentro contiene un plan de acción con medidas concretas e incluye un mecanismo de seguimiento. Es, así, el punto de partida de un camino cuyos resultados podrán ser evaluados y se podrá determinar a posteriori si se trató de un nuevo intento retórico, o si sentó las bases de un efectivo proceso de transformación.

El segundo taller de indicadores es un paso adelante en la dirección de crear los instrumentos necesarios para la aplicación de políticas de ciencia y tecnología. Se plantea a partir de esta reunión un programa de trabajo que reconoce múltiples vertientes. La primera, y más obvia, es la de contar con datos confiables e indicadores que expresen la realidad de las capacidades científicas de cada país y del conjunto regional. Hay ya un primer resultado concreto, cual es la publicación del informe que contiene los datos relativos a doce indicadores básicos, iberoamericanos e interamericanos. Este volumen es todo un logro, después del largo silencio que siguió a los últimos datos que dio a conocer GRADE a fines de la década de los ochenta, pe-

ro es también una radiografía de las deficiencias metodológicas e instrumentales que ofrece la región en esta materia. De aquí surge, entonces, la segunda vertiente, que consiste en avanzar hacia el ajuste de metodologías y el establecimiento de normas comunes, y la reconstrucción de capacidades básicas de estadística de la ciencia en cada país. Aunque suene hoy como una prematura fantasía, es preciso recorrer el camino que llevó a los países industrializados a la adopción de normas como las que contienen los manuales de Oslo, Frascati y Canberra, entre otros, y adoptar una norma latinoamericana que reúna la doble condición de ser internacionalmente comparable y expresar las peculiaridades de nuestros países. Como sustrato de una actividad de tales características es preciso que el trabajo se profundice en una tercera vertiente: la reflexión sociológica profunda acerca del quehacer de la ciencia y la tecnología en los contextos institucionales propios de los países latinoamericanos.

El descuido en la producción de indicadores confiables en los países de la región expresa un retroceso de las políticas en ciencia y tecnología a partir de la crisis de los modelos de desarrollo y la consiguiente dificultad para articular estrategias alternativas viables y capaces de concitar el apoyo de los distintos actores sociales. En el terreno de la reflexión sobre los contextos se estructura la trama de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología como un campo que se nutre de preocupaciones académicas y de perspectivas convergentes que tienden a su legitimación transdisciplinaria y, al mismo tiempo, operan como sustento teórico y soporte metodológico de una reflexión práctica orientada a crear una nueva cultura científica y tecnológica profundamente enraizada en las demandas y capacidades de nuestras sociedades, *REDES* busca consolidar su línea editorial en este entramado básico y aspira a contribuir a la profundización de la tarea intelectual indispensable para crear un pensamiento transformador plasmado en una utopía "razonable", en el sentido de que sea capaz de despertar adhesiones y ofrecer un camino posible frente al desafío que el llamado proceso de mundialización y su aparente determinismo científico y tecnológico hoy nos plantean.

Los artículos y documentos que se presentan en este número tienen el valor de aportar elementos al diagnóstico y de discutir modelos útiles para iluminar la búsqueda de los caminos propios. La sección "Perspectivas" contiene un artículo de Rip y Van der Meulen sobre el análisis del término *sistema* aplicado al conjunto de instituciones en las que se desenvuelve el quehacer científico y tecnológico. El trabajo de Sanz Menéndez constituye un interesante y lúcido análisis histórico so-

bre la política científica del franquismo. Daniel Chudnovsky y Andrés López presentan un análisis de las medidas implementadas como parte de la política tecnológica del actual gobierno argentino. En esta misma línea problemática, el *Dossier* recoge la primera parte de un informe de la OCDE sobre las relaciones entre la economía y la tecnología. La sección *Notas de Investigación* comprende un texto de Valeria Hernández acerca de las relaciones de colaboración en la investigación entre países centrales y periféricos, y un informe de tipo histórico, elaborado por Héctor Ciapusio, referido a un debate sobre las relaciones entre el significado de los términos "ciencia" y "tecnología".

El debate abierto tiene cada vez más interlocutores. También este número de *REDES* da cabida a una polémica carta de Mario Bunge, en respuesta a la reseña que de un trabajo de su autoría se hiciera en el número anterior. Aunque sea exagerado decir que la discusión sobre estos temas se extiende como reguero de pólvora por Iberoamérica, no es posible negar la satisfacción que produce el hecho de que el CONICIT de Venezuela haya convocado a las Segundas Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología que se llevarán a cabo en septiembre, que esta Universidad Nacional de Quilmes haya agendado un Seminario Nacional en el Campo de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología para octubre, y que se multipliquen los encuentros que tienen el propósito de permitir el debate sobre aspectos puntuales de este vasto territorio que paulatinamente va siendo poblado.

Mario Albornoz



The post-modern research system

Arie Rip and Barend J. R. van der Meulen

In spite of its being frequently used in the field of science and in the analysis of innovation policy, *systems* terminology still lacks a theoretical and empirical framework, which results in the wasting of an opportunity. Thus this article intends to explore the potentiality of the *systems* approach, to present a conceptual framework for empiric comparisons among the cases studied and then examine the way in which research systems react when faced with the increasing heterogeneity of circumstances within which they function. Finally, even though the article talks about the feasibility of research systems, it does not discuss their performance in a systematic way.

Technological Policy in Argentina: is there anything besides *laissez faire*?

Daniel Chudnovsky and Andres Lopez

This article focuses on technological policies offered by the current Argentine government. It examines, on the one hand, the history of public policies producing an impact on the technological variable and of organizations created during the period of industrialization and substitution of imports aimed at promoting the generation of domestic technological assets. On the other hand, the authors delve into the current public policies linked to technological innovation and the new means for promotion and development recently introduced. Then the National Institute for Industrial technology (INTI) is discussed. Finally, the authors examine initiatives already implemented and the way they fit in what should be the main goal of technological policy.

The institutional building of scientific and technological policy during Franco's government

Luis Sanz Menendez

In order to understand the current situation of scientific research and technological development in Spain, it is necessary to explore the institutional

and organizational legacy of the Spanish post-war period, an outcome of battles and political processes that took place during Franco's regime. Within this framework, this article presents a concise revision of recent history, of some facts and aspects of scientific research and technological development in Spain, mainly steps taken by the State with regard to them. The article presents the first evidence of intentions from the new regime toward science in the creation of csic, an organization whose structure and aims give a key role to the Spanish system of R+D. Then the author discusses the stage of economic growth and Plans for Development, and the role that research and technology were to have in the Spanish development. Lastly, through this description, the author reaches the beginnings of the transition period toward democracy.

Technological knowledge

Hector Ciapuscio

This article suggests a selective reading of the dialogue established in the last 25 years among historians of technology in order, within the framework of the *Technology: applied science?* debate, to shed light upon the specificity of the knowledge usually handled by engineers. Owing to its importance and its contemporaneity, prominence is given to the discussion that has taken place at the Society for the History of Technology.

Sociocultural and cognitive conditions in the development of a scientific field

Valeria Hernandez

This paper intends to explore the way in which the field of research practice is produced within a particular scientific community. Specifically, the creation of collaborative relations among experimental biologists. Starting from an ethnographical work developed in an experimental biology laboratory, the author examines how the representation of nature (through the concepts of *organism* and *mechanism*) constitutes a cognitive condition from which certain social rela-

tionships are constructed (collaborative relationships) toward the inner core of such scientific community. The aim is to show the way in which cognitive conditions change in terms of the sociopolitical interests of researchers themselves, thus forming certain organization in the development of collaborative relationship among laboratories.



El sistema de investigación posmoderno*

*Arie Rip y Barend J. R. van der Meulen***

A pesar de su uso habitual en el campo de la ciencia y en el análisis de la política de innovación, la terminología relativa a los "sistemas" carece todavía de una elaboración teórica y empírica. En diversos sentidos esto significa una oportunidad desaprovechada. Por lo tanto, el presente artículo se propone analizar el potencial que encierra el enfoque basado en los "sistemas", presentar un marco conceptual para las comparaciones empíricas entre los casos considerados y estudiar posteriormente la forma en que reaccionan los sistemas de investigación frente a la heterogeneidad cada vez más marcada de circunstancias en las que operan. Finalmente, si bien el artículo se referirá a la viabilidad de los sistemas de investigación, no considerará la cuestión de su desempeño de un modo sistemático.

Introducción

La terminología relativa a los *sistemas* es de uso habitual en el campo de la ciencia y en el análisis de la política de innovación, pero sin una verdadera elaboración teórica y empírica. Una oportunidad desaprovechada, no sólo en lo intelectual sino también para la política. El análisis del desarrollo de los *sistemas* en el largo plazo, sumado al análisis sincrónico del funcionamiento de los *sistemas* (en diferentes países), permite efectuar un diagnóstico en un nivel más profundo. Esto es tanto más importante debido a los cambios radicales y de gran envergadura que se operan en la investigación científica, en su organización y sus vínculos con la sociedad, y a la indefensión de las normas de política frente a tales cambios (se incluye aquí la audacia de la acción afirmativa coyuntural cuando no se entiende la dinámica del largo plazo).

* Ponencia presentada a la conferencia organizada por el Observatoire des Sciences et Techniques, la Science Policy Research Unit y la revista *Nature*, llevada a cabo en París los días 28 y 29 de septiembre de 1995. Traducción del inglés de Raquel Albornoz.

** School of Philosophy and Social Science. Universidad de Twente.

Uno de los rasgos más destacados de estos cambios es su *heterogeneidad* cada vez mayor, lo cual se advierte en lo siguiente:

- ya no se pueden usar las categorías tradicionales de investigación "básica" y "aplicada";
- los organismos dedicados a la investigación básica, como las universidades, asumen otras funciones, mientras que la investigación industrial y nuevos actores (tales como consultores y centros ambientales) realizan aportes al nuevo conocimiento;
- las demarcaciones entre una disciplina y otra se están volviendo obsoletas;
- la frontera del avance del conocimiento se halla en nuevas combinaciones;
- los investigadores y los productos de investigación se desplazan dentro de redes mucho más amplias y
- nuevos actores toman parte en el sistema de investigación.

En el presente trabajo no encaramos directamente el tema de la transformación de los sistemas de investigación. En cambio, lo que haremos será analizar el potencial que encierra el enfoque basado en los *sistemas*, presentar un marco conceptual para las comparaciones empíricas y sólo después analizar la forma en que reaccionan los sistemas de investigación frente a una heterogeneidad cada vez más marcada.

El concepto de un sistema (nacional) de investigación se elabora y aplica a siete países. Nelson (1993-1994) hace hincapié en los peligros de los estudios comparativos (en su caso, los sistemas nacionales de innovación)"[...] dada la ausencia de un marco analítico bien articulado y verificado". El primer objetivo de este trabajo es crear el concepto de sistema (nacional) de investigación de modo que pueda formularse dicho marco. El segundo objetivo es ubicar en un mapa a los (siete) países aquí estudiados, y analizar las transiciones que se producen como manera de responder a la heterogeneidad. De hecho, sostendremos que es viable un sistema de investigación más distribuido pero así y todo coherente. Pese a las dificultades que dicho sistema de investigación posmoderno presentará a los responsables de la política que se embanderan con el control centralizado, es preferible aceptar las heterogeneidades antes que intentar reducir las complejidades imponiendo una "historia oficial" al sistema de investigación.

Posibilidades del enfoque basado en los sistemas (nacionales)

Usamos el concepto de *sistema nacional de innovación* para analizar las posibilidades (y oportunidades desaprovechadas) de un enfoque basado en los *sistemas*. Desde que Freeman en la década del ochenta introdujo el concepto de *sistema nacional de innovación*, los analistas de políticas han usado descriptivamente dicho concepto para enumerar las instituciones, los procedimientos y el funcionamiento considerados pertinentes a la innovación en determinado país. Así, el concepto hace las veces de lista de control.

Esto puede constituir un ejercicio útil, pero es preciso averiguar el verdadero carácter de los sistemas. Si los ítems de la lista no son partes interdependientes de un sistema, no tiene sentido atribuir una capacidad de medición a la lista de elementos de un supuesto sistema nacional de investigación.

Si se tienen buenas razones para dar por sentado el carácter de los sistemas, existe aún el riesgo de una visión funcionalista; es decir, la visión de un diseño institucional en cierto sentido orientado hacia la innovación. No hay un propósito inherente al sistema general que apunte a un desempeño innovador (o hacia alguna otra meta). Es menester investigar los procesos y mecanismos que vuelven más o menos productivo a un sistema.

Los estudios comparativos constituyen una forma de enterarse de la productividad diferencial de los sistemas, pero sin una adecuada conceptualización de los procesos y mecanismos quedarán condenados al razonamiento deductivo: si el desempeño es alto en el país X, y bajo en el país Y, hay que encontrar una diferencia en la estructuración institucional, y el desempeño diferencial puede atribuirse a dicho aspecto. Por eso es que Nelson (1993-1994) señala los peligros que encierran tales comparaciones rápidas.

Lo decisivo es el interjuego de los factores y la estructura general del sistema. Es por eso que la conceptualización de los sistemas y su funcionamiento tiene que incluir características a nivel sistema.

Es muy comprensible que los responsables de las políticas quieran controlar y evaluar el funcionamiento (o bien la calidad, o la salud) del sistema desde la óptica de la orientación de la innovación y del comportamiento innovador (no sólo de empresas), y a tales fines quieran usar el concepto de "sistema nacional de innovación". En el plano ideal, se necesita luego una teoría o modelo de aquello que es necesario o conducente a la innovación, no para innovaciones en particular -para las cuales se cuenta con abundante literatura com-

parativa y estudios de casos-, sino para un sistema general, y lo que podría denominarse una infraestructura de funcionamiento para la innovación.

Freeman (1987, 1988), que introdujo el concepto, y Lundvall (1988), que lo amplió, subrayaron el desarrollo histórico de los sistemas nacionales de innovación, y encontraron en esto uno de los factores que explican el desempeño de un país.¹ Implícitamente, se refieren a una competencia que se consigue y mantiene durante décadas. Los estudios por países, tales como Nelson (1993), suelen hacer hincapié en esto, pero con conceptualizaciones *ad hoc*. En cuanto a las empresas, una cantidad de autores subrayan como factor preponderante de su desempeño la (dinámica) competencia institucional de dichas empresas.² Se puede ver entonces la estructura industrial o sectorial en el paradigma estructura-conducta-actuación de la economía industrial (Bain, 1959) igualmente como una competencia, aunque no llevada a cabo por un actor identificable.³ Así, se puede introducir también el concepto de competencia a nivel de los países, al menos para su sistema de investigación/innovación, y plantear cuál debe ser la naturaleza de esa competencia para permitir que el sistema de investigación/innovación funcione adecuadamente.

Por el momento no se dispone de una teoría o modelo que especifique la naturaleza de tal competencia para los sistemas nacionales

¹ Lundvall (1988), en la p. 361. Véase también Pavitt (en Cozzens *et al.*, 1990) respecto de la larga historia de la competencia industrial alcanzada por Japón, como un elemento más importante de su posterior éxito que la habitual explicación que menciona la imitación de innovaciones producidas en otras partes. Odagiri y Goto, en Nelson (1993), demuestran con lujo de detalles cómo esa competencia también es importante para la imitación.

² La referencia fundamental es Chandier (1977). Pavitt y Patel (1988) también incluyen las "competencias institucionales". El interrogante respecto de si existe realmente una competencia de carácter sistémico de hecho ya es visible en el análisis de Chandier. La aptitud y competencia para la organización constituye un rótulo que reúne una cantidad diversa y heterogénea de factores, y no está claro si existe dicha cosa en sí misma. Si se trata sólo de un rótulo de una lista de control, no puede justificar el desempeño de una empresa.

³ Sin embargo habrá voceros, determinación de políticas y acción. Del mismo modo, se puede ver a una empresa como componentes interactuantes, que a menudo tienen voz a través de su directorio y su gerencia. Desde esa perspectiva, no hay diferencia sustancial entre las empresas, las estructuras industriales y los estados nacionales.

de innovación. La ruta inductiva seguida por el equipo de Nelson en sus estudios no condujo a la articulación de una prototeoría. El enfoque de los "sistemas de conocimiento" (Holzner y Marx, 1979, Dunn y Holzner, 1987) siguió en el nivel de un *sistema de contabilidad*, es decir, un enfoque tipo lista de control.⁴

Un enfoque más sociológico es considerar que los sistemas producen sistemas de mutua interdependencia (Boudon, 1979, Croziery Friedberg, 1980). Las Interdependencias definen lo que es parte del sistema, más que ítems corrientes de una lista de control. En situaciones estables, actores y analistas pueden haber arribado a una lista adecuada. En épocas de cambio es peligroso usar clasificaciones comunes, como indica el ejemplo de la innovación en software que no aparece en las estadísticas de I+D y de patentes. Además, puede ser que los actores disientan respecto de lo que adecuadamente pertenece al sistema.

El enfoque de la interdependencia también resalta el hecho, a esta altura ya reconocido, de que la causalidad lineal (los factores X, Y y Z que llevan a un alto rendimiento) será la excepción, más que la regla. Se deduce entonces que la productividad de los procesos debe buscarse en los círculos retroalimentados más que en los rasgos de los procesos por sí mismos. Este breve análisis del concepto de "sistema nacional de innovación" y prototeoría de su desempeño es útil a fin de abonar el terreno para nuestro análisis de los sistemas (nacionales) de investigación.

El término "sistema de investigación" pertenece a finales del siglo xx, y fue usado por primera vez en política científica; un buen ejemplo lo constituyen los estudios OCDE del *sistema de investigación* de principios de la década del setenta, también porque persiguen sus objetivos descriptivos y diagnósticos sin conceptualización alguna sobre lo que sería un *sistema de investigación* (OCDE, 1972, 1973, 1974). Un aspecto importante es que deberían incluirse aspectos sociológicos: si los sistemas de investigación constituyen sistemas de dependencia mutua, incluirán no sólo la organización de la ciencia, sino también el trabajo científico en curso, sus resultados y su *institucionalización cognitiva*, comunidades científicas y sistemas de re-

⁴ Existe la posibilidad de desarrollar este enfoque introduciendo los conceptos adicionales de "reservorio de conocimiento" y "comunidades epistémicas". Véase Van der Meulen y Rip (1994).

compensa, etc. El hecho de que las fronteras de tal "sistema de investigación" no sean estáticas, sino que dependan de las dependencias que se desarrollan, queda claro si se observa el ejemplo de la industria (la investigación industrial así como los voceros de la industria), que bien puede ahora quedar incluido hasta cierto punto en el sistema de investigación. El manejo del/los sistema(s) de investigación difiere a través de los campos científicos y sectores de la sociedad, así como a través de los países. Y no necesariamente será un sistema nacional de investigación.

Una segunda consideración es que el sistema de investigación, en tanto sistema, siempre es un resultado: de interacciones (incluyendo conflictos) e institucionalización progresivas. Los rasgos particulares de los sistemas de investigación no deberían cosificarse convirtiéndose en *factores*, y las comparaciones deberían hacerse al nivel de rasgos de sistema más que de factores específicos que estén presentes o ausentes. Aún puede realizarse un razonamiento retrospectivo partiendo del desempeño observado hasta llegar a los factores explicativos, pero se lo hará incluido dentro de un diagnóstico del funcionamiento global del sistema.

En el presente trabajo, nos limitamos a un análisis del funcionamiento de los sistemas (nacionales) de investigación. Si bien nos referiremos a la viabilidad de los sistemas de investigación, no entraremos en la cuestión de su desempeño de un modo sistemático.

El surgimiento de un moderno sistema (nacional) de investigación

Conforman los sistemas (nacionales) de investigación los ejecutores de la investigación (individuos, grupos, instituciones), otras organizaciones e instituciones, interacciones, procesos y procedimientos. Su carácter sistémico, en tanto sistemas de interdependencia mutua, se afirma en el carácter colectivo del emprendimiento científico, y en el papel del estado moderno que ha creado el carácter *nacional* de tales sistemas.

La identificación de importantes rasgos a nivel del sistema se formula sobre la base de dos hipótesis histórico-causales, y de dos grupos de corolarios que pueden extraerse. Las hipótesis y sus corolarios pueden completarse con suficiente material histórico y sociológico para demostrar su plausibilidad.

Hipótesis 1: Desde alrededor de 1870, los estados nacionales

modernos (en ese entonces emergentes) han venido creando estructuras que incentivan el desarrollo de la investigación, ya sea intencionalmente o como efecto colateral de otras medidas (por ejemplo, en educación superior). Los términos *estructura de incentivación* deriva de la teoría del actor más significativo, pero no se deduce que los actores piensen desde ese punto de vista; de hecho, algunas de dichas estructuras fueron propuestas y creadas por los científicos. Las estructuras de incentivación *de facto* a menudo institucionalizan, o bien son estructuradas como instituciones en primer lugar (piénsese en los grandes institutos gubernamentales de investigación creados a fines del siglo XIX). Las estructuras de incentivación no desaparecen, y contribuyen a un paisaje institucional que permite y constriñe a los actores en su conducta y eventual desempeño. Ese panorama también constriñe a los actores centrales: hacen falta nuevas medidas que se ajusten a lo que ya existe, o bien que lo modulen o traduzcan.⁵

Hipótesis 2: La ciencia autoorganizada, analizada en tanto combinación de investigar en lugares específicos, de hacer ciencia en los campos cosmopolitas y negociar políticamente en la movilización de recursos,⁶ incluye procesos de agregación en relación con los contextos. Existen dos principales procesos de agregación: uno en relación con las comunidades científicas, que incluye el escepticismo organizado, el desarrollo de paradigmas y el establecimiento de agendas de investigación, y otro relacionado con patrocinantes generales (el estado es uno de ellos, y, a esta altura, muy importante), la creación de agendas de investigación posteriores y la articulación de la relevancia. En ambos casos, los ítems locales, contingentes y tentativos se combinan

⁵ El éxito de las estrategias de los actores centrales no sólo dependerá de los incentivos que ofrezcan a los agentes, sino también de que se adecúen al panorama existente. Cuando se centra la mira en intermediarios/empresas, puede ser comprensible que se descuide el panorama institucional emergente (porque los intermediarios se consideran actores libres, se consideran su propio actor central). En el sector sin fines de lucro, los acuerdos institucionales revisten la mayor importancia. Pero otros estudios por lo demás cuidadosos (por ejemplo, Neelen, 1994) tratan el contexto institucional sólo como la oportunidad con que cuentan los actores en tal contexto, no como tópico por propio derecho.

⁶ Véase en Krohn y Küppers (1989), y Nowotny (1990) otro análisis de la autoorganización de la ciencia, y en Rip (1990) una dimensión adicional de la negociación política.

y transforman selectivamente en compuestos o en conjuntos de carácter cosmopolita. Dicho proceso de agregación puede ser ascendente o descendente, pero también ser inducido por otros actores.⁷ Los procesos de agregación están apoyados por una infraestructura -socialmente distribuida- de instituciones y procedimientos, que a su vez se desarrolla y diferencia en relación con contextos importantes. Así, se puede afirmar que también existe un componente social de la agregación: personas e instituciones se suman y conforman actores colectivos que tienen su propia voz.⁸

Ambas hipótesis en conjunto bosquejan un cuadro de panoramas institucionales en desarrollo y competencias involucradas en ellos, todo lo cual conforma los sistemas de investigación con un carácter nacional. Este cuadro se detalla aún más extrayendo dos grupos de corolarios.

Un primer grupo de corolarios: Con posterioridad a 1870, las instituciones, grupos y actividades de alcance nacional adquieren importancia en la ciencia, al tiempo que la ciencia (la realización de investigación, así como los productos de la investigación, y la "salud" de lo que hoy en día desafortunadamente se denomina base de la ciencia) se vuelve importante para el estado nacional. Las interdependencias cada vez mayores llevan a la articulación y estabilización de sistemas *modernos de investigación* de alcance nacional; un indicador es el surgimiento de algo semejante a una comunidad científica nacional.⁹ En el sistema moderno de investigación se cre-

⁷ En los últimos tiempos, los organismos gubernamentales y otros patrocinantes generales han demostrado interés por la articulación de programas de investigación, y movilizan activamente a los científicos y otros actores con ese fin. Los ejercicios prospectivos se consideran importantes elementos de dichos procesos.

⁸ La química brinda un ejemplo interesante, así como otros factores de agregación. Se producen por lo general nuevas interacciones, vínculos institucionalizados, elaboración de agendas compartidas con la industria (química y farmacéutica) (la diferenciación se produjo entre 1880 y 1930). Ahora existen tales procesos institucionalizados de agregación, y los químicos han demostrado estar muy bien organizados en su posicionamiento con respecto al estado en las décadas de 1980 y 1990 (por lo menos en el noroeste de Europa); es decir, lograron hablar con una sola voz. El ejemplo de la química también demuestra que lo que impulsa el surgimiento de la agregación institucionalizada es el surgimiento de patrocinantes generales, en este caso la industria, y no el papel del estado como persona responsable de la toma de decisiones.

⁹ Esto difiere de la idea habitual de comunidad científica como grupo involucrado en una disciplina o especialidad. En el discurso de la ciencia, también existe la idea de una comunidad científica in-

an nuevos tipos de instituciones, como los consejos de investigación, que actúan de mediadores entre la ciencia y el estado, a la vez que refuerzan el aspecto nacional. Tal como subrayó un comentarista, dichos consejos son "[...] al mismo tiempo una burocracia gubernamental y un parlamento de la comunidad científica" (Williamson, 1992), pero se trata de una comunidad científica definida en el plano nacional.

Un segundo grupo de corolarios: Si bien los actores específicos, por ejemplo en la industria, en el sector de la salud y los organismos individuales del gobierno, interactúan directamente con las prácticas de búsqueda y las instituciones que llevan a cabo investigaciones (esto puede acarrear efectos no buscados a nivel del sistema), el estado moderno influye directamente sobre el sistema (aunque no siempre reconoce adonde conducirán sus actos). Un importante efecto ha sido el surgimiento de un nivel intermedio entre el estado y los organismos de investigación y la investigación en marcha.

El nivel intermedio se vuelve cada vez más nutrido (y esto adopta formas diferentes en los distintos países). Los consejos de investigación son un habitante muy prominente del nivel intermedio, pero no son el único. Los organismos consultivos y de programación, y los organismos permanentes de revisión, también son intermediarios en ambos sentidos: en el sentido de que median entre el estado y la realización de la investigación, con una sola delegación de atribuciones en el mejor de los casos, y en el sentido de que experimentan una doble lealtad, al estado y a la comunidad científica pertinente. Nótese que los actores del nivel intermedio no necesitan haber sido determinados por el estado; también se mueven en este nivel las asociaciones formadas por instituciones que realizan investigación y otros organismos colectivos.

ternacional y cosmopolita, que va más allá de las comunidades por disciplina y especialidad. Si estas últimas son la trama, las comunidades científicas nacionales son la urdimbre de su tela. Si uno calcula cierto sentido de unidad que trascienda las fronteras de un país, las comunidades científicas nacionales, con su precaria agregación, constituyen el equivalente más cercano a lo que sería la idea de una República de la Ciencia esbozada por Polanyi (Rip, 1994). Un ejemplo de representación institucionalizada de comunidad científica nacional de esa índole es el *Comité National de la Recherche Scientifique*, de Francia. En otros países, la representación la comparte una Academia, comisiones asesoras y consejos de investigación, así como los supuestos voceros.

Hablar de que los cuerpos intermedios habitan un *nivel* indica que dicho nivel constituye un rasgo del sistema, con su propia dinámica, y ya a esta altura con una relativa autonomía. Los organismos intermedios, debido a su relativa independencia con respecto al estado como auspiciante, pueden funcionar ellos mismos como actor central, y tratar de lograr que los ejecutores de la investigación hagan lo que ellos quieren (aun si lo que ellos quieren deriva de los objetivos del estado). Un corolario más, que reviste importancia para nuestro posterior razonamiento, es que otros patrocinantes generales pueden producir ulteriores procesos de agregación y la investigación que va con ellos; la importancia cada vez mayor de la "industria" es un ejemplo.

Los sistemas modernos de investigación a lo largo de dos dimensiones

El panorama Institucional de los modernos sistemas de investigación y de su funcionamiento puede tipificarse siguiendo dos dimensiones. Para la primera de ellas usamos el término *orientación* (*steering*), para captar la *competencia* institucionalizada del sistema de investigación en función de una compleja estructura de incentiva- ción destinada a los científicos en tanto representantes de los patrocinadores generales como actores centrales, y del estilo del enfoque del actor central Incorporado en el sistema. La segunda dimensión se denomina *agregación*, y se refiere a los procesos Institucionalizados y sus infraestructuras, con un particular interés por la elaboración de agendas en relación con otros contextos que no sean las comunidades científicas.

Ambas dimensiones son compuestas, y la operacionalización se realiza mediante puntajes de síntesis (que van desde un máximo de 5, hasta el mínimo de 1). Se supone que los ítems (tal como se los encuentra en los actuales sistemas de investigación) usados para caracterizar a cada una de las dimensiones tienen suficiente correlación como para que se los sume y formen así una dimensión única.

Dimensión de la orientación

La dimensión de la *orientación* se refiere a la infraestructura y competencias institucionales, no a la conducta de los actores en tanto tales. La orientación siempre tiene un actor central, el estado, con

sus propios objetivos.¹⁰ Puesto que el actor central crea una estructura de incentivación para los ejecutores de la investigación (ahora también cuerpos pertenecientes al nivel intermedio) y/o usa aquella de la cual ya se dispone para tales fines, existe una infraestructura institucional que apunta a la orientación. Uno podría plantearse cuánta infraestructura hay, y hasta qué punto funciona bien. Parte del funcionamiento reside en la forma en que se posicione el actor central. Puede ser estricto en la actitud de llevar a cabo sus objetivos o no, y las tradiciones y estilo del posicionamiento se hallan enraizados en el sistema de investigación.

Puntajes de síntesis

(5) El actor central es enérgico en cuanto a sus propios objetivos, y para llevarlos a cabo no depende de la comunidad científica. Las sanciones (presupuestarias o de otro tipo) son automáticas; un ejemplo de ello es el ejercicio de evaluación de la investigación de las universidades del Reino Unido. Se considera a los cuerpos de nivel intermedio responsables de los productos relacionados con los objetivos del actor central, y así tienden a reproducir la conformación actor central/ejecutor en su relación con los ejecutores de la investigación.

(4) El actor central tiene la facultad de decidir sobre sus objetivos, pero coteja el potencial y el apoyo (por ejemplo, las sesiones de estudio de BMFT, en Alemania). Las sanciones son posibles, pero también lo son los incentivos positivos. Los contratos (que se respetan al pie de la letra) constituyen un importante instrumento.

(3) La facultad del actor central de tomar decisiones respecto de sus objetivos se limita a ciertas misiones (pero esto puede constituir una parte importante del sistema de investigación, como ocurre en los

¹⁰ Nótese que en esta conceptualización, sólo se da por sentado que el actor central tendrá objetivos. Esto podría llevar a ver a dicho actor central sólo en función de las decisiones, atribuyéndosele un poder discrecional absoluto. Pero si bien el estado puede tener cierta autonomía en este sentido, es en sí mismo un agente del pueblo (en la teoría democrática, y en el sistema institucional parlamentario) o un agente de segmentos e intereses de la sociedad (en la teoría neocorporativista). En este último caso, el estado también puede ser agente de la comunidad científica nacional, y ocuparse de los intereses de dicha comunidad.

Estados Unidos, donde los organismos del gobierno juegan un papel preponderante en cuanto hace al financiamiento y la elaboración de agendas). Se usan los llamados a licitación, pero también la interacción de redes. Pueden suscribirse contratos con los ejecutores de investigación (ya sea formal como informalmente; cf. los campus de los *colleges* norteamericanos, contratos actuales con universidades e importantes *organismos* de investigación de Francia), pero no hay estrictos controles del desempeño.

(2) Si bien el actor central tiene la última palabra, sobre todo en lo que concierne a las misiones, presta atención a las señales provenientes del sistema de investigación, y estimula los procesos de elaboración de agendas de abajo hacia arriba. El diálogo es más importante que los contratos. Los cuerpos intermedios tienen su propia responsabilidad, dentro de ciertos límites generales.

(1) El actor central prefiere apoyar la agenda ascendente, pero verifica que la elaboración de la agenda se haya efectuado adecuadamente. Trata activamente de buscar oportunidades, y de llevar a la práctica giros estratégicos del sistema de investigación (en la medida en que el actor central perciba que son estratégicos). Algo de diálogo y mucha intervención *ad hoc*.

Dimensión de la agregación

La agregación, como competencia más que como resultado, es la infraestructura institucional para los procesos de creación de agendas socialmente distribuidos. La agregación crea coherencia, y surgen infraestructuras que la apoyan. La existencia de tales infraestructuras constituye un indicador del alcance de la agregación. Los cuerpos y procesos del nivel intermedio pueden cumplir una importante función.¹¹

Las agendas de investigación y otros productos no son sólo declaraciones que se hacen para afuera. Son efectivas (en diversa medida) porque también forman parte de procesos en curso dentro

¹¹ Por ejemplo, los *werkgemeenschappen* (grupos permanentes de coordinación y revisión disciplinarias) cimentados en el consejo de investigación holandés (ahora disueltos y reemplazados por la práctica de que los pares efectúen una evaluación de las propuestas de investigación).

del mundo de las prácticas de la investigación. La creación y ejecución de agendas son dos caras de la misma moneda, de modo que existe un nexo con la producción de conocimiento socialmente distribuido.

Puntajes de síntesis

(5) Instituciones que abarcan todo el sistema con tareas explícitas de agregación, que son reconocidas como tales, y que funcionan bien. (Ejemplos de sectores particulares serían los grupos de estudio del NIH -Instituto Nacional de Salud- de los Estados Unidos, y la mayoría de los Consejos Asesores Sectoriales de Holanda.) Redes y otros nexos que conectan distintos tipos de actores (universidades, institutos de investigación, gobierno, industria y otros usuarios de la investigación), que realizan actividades de elaboración de agendas.

(4) Instituciones y redes que abarcan todo el sistema e incluyen entre sus tareas la de agregación/elaboración de agendas, o bien la tienen como un efecto colateral.

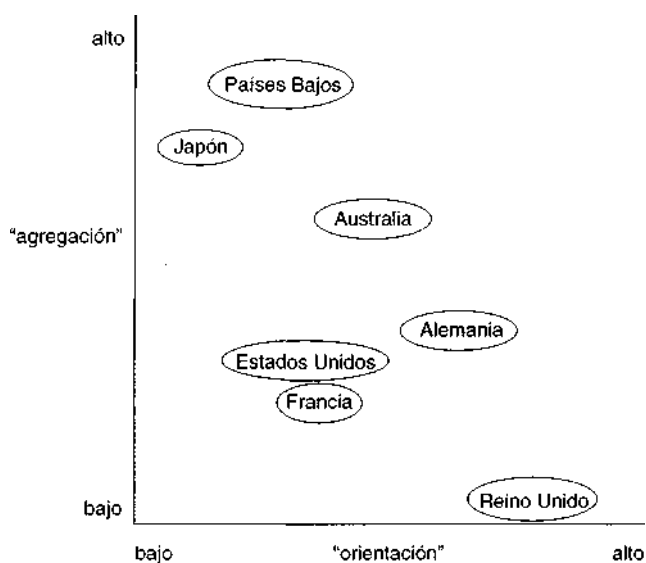
(3) La agregación se produce dentro de bloques/segmentos, pero no a través de ellos (un ejemplo sería Francia, con los *grandes organismes* como mundos aparte).

(2) Agregaciones parciales, o al menos institucionalización fragmentada de diversos procesos de agregación reales o potenciales.

(1) Falta de agregación (institucionalizada) distinta de otras formas tradicionales de ciencia. Los ejecutores de la investigación se posicionan individualmente (y compiten de esta manera).

Utilizando esta operacionalización, los siete países estudiados pueden ser ubicados en dos dimensiones, y al mismo tiempo trazarse un mapa (Figura 1).¹²

¹² Pueden solicitarse a los autores viñetas por país, en las que se describe brevemente el panorama institucional de cada uno, y su funcionamiento.



Combinaciones viables y transición hacia un sistema de investigación posmoderno

No todas las combinaciones de puntajes de las dos dimensiones son igualmente productivas, y algunas quizá no sean en absoluto viables durante períodos largos. Desde luego, la evaluación de la productividad y de la viabilidad depende de los objetivos y criterios que se utilicen.

Por ejemplo, la agregación altamente institucionalizada, si bien es productiva para los propósitos normales, puede fácilmente crear situaciones altamente formalizantes (un ejemplo serían las redes de ex alumnos en la asignación de fondos). Eso haría más difícil el cambio, es decir, la introducción y difusión de nuevos actores y/o visiones. También haría más difícil que el estado, en tanto actor central, impusiera sus objetivos si éstos fuesen diferentes de lo que se estuvieran agregando.

Puede considerarse que los sistemas modernos de investigación evolucionaron de una situación de baja *orientación* y baja *agregación* a un conglomerado de posiciones intermedias viables. ¿Continuarán

en esta posición? No cabría esperar que la combinación de alta orientación y alta agregación fuera viable en términos generales (sí puede funcionar para campos particulares durante períodos en particular; por ejemplo, la biotecnología moderna en la década del ochenta). Existe un caso de alta "orientación" y baja "agregación" en el mapa; uno se pregunta si dicha combinación continúa siendo productiva durante períodos largos, dada la heterogeneidad cada vez mayor de la investigación y los sistemas de investigación.

Algunos países obtienen un puntaje alto en *agregación* y bajo en *orientación*, y parecen andar bien, lo cual indicaría que es posible una ulterior evolución del sistema moderno de investigación hacia una posición nueva y viable en el mapa.¹³ De hecho, es deseable, puesto que la agregación productiva es necesaria para hacer frente a la heterogeneidad sin negarla. Dicho sistema de investigación puede calificarse de *posmoderno*. La idea se argumenta aquí sobre la base de casos que hemos encontrado, pero puede ser reformulada como el corolario de anteriores situaciones. Así:

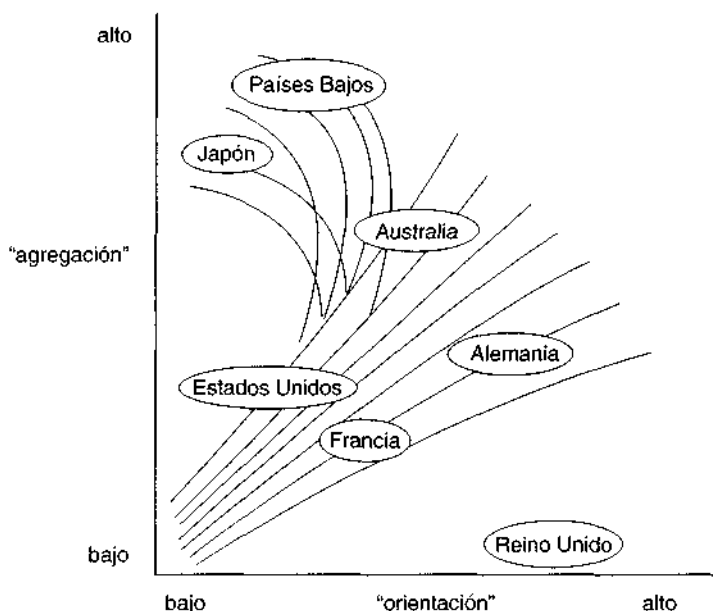
Una tercera hipótesis histórico-causal: la evolución del sistema moderno de investigación creó un panorama institucional bien desarrollado, y un nivel intermedio relativamente autónomo. Dicha situación permite la creación de nuevas interdependencias, y vuelve menos dominante el papel del estado (con sus modos específicos de orientación).¹⁴ Desde el sistema de investigación dominante en la actualidad se desprende un camino que lleva hacia el sistema de investigación posmoderno (ilustrado en la figura 2).

Si realmente se vuelve deseable evolucionar hacia un sistema de investigación posmoderno, habría que evaluar los actuales cambios en los sistemas de investigación para verificar que sean conducentes a la transición. Y se podrían articular hipótesis para la evolución.

La orientación, en el sentido estricto, se volverá menos importante. Aún existe un desafío para la administración: una administración de

¹³ El puntaje de los Países Bajos y de Japón obedece a la suma de su historia y su cultura, y no es (al menos no necesariamente) el resultado de una política destinada a reducir la "orientación" y estimular la "agregación".

¹⁴ Japón y los Países Bajos tienen un "estado activo" (comparado, por ejemplo, con los Estados Unidos), pero sus patrones de gobierno no son el típico modo de "orientación" de un actor central externo de la ciencia.



actores múltiples y no centralizada para el sistema de investigación que surja. Para el estado, esto implica una configuración específica de administración (compárese Hanf y Scharpf, 1978, Klyn y Teisman, 1992).

La ciencia posmoderna acepta la heterogeneidad, pero aún debería ser sometida a un control de calidad. La idea de *distribución de coherencia* sirve de punto de entrada.¹⁵ Por consiguiente, habría que indagar dentro de la dinámica de la coherencia distribuida en los sistemas de investigación, y elaborar los caminos de transición de manera de aumentar su distribución de coherencia.

¹⁵ Gibbons *et al.*, en *The New Production of Knowledge*, subrayan el papel del cambio y la distribución, pero se limitan a frases abiertas tales como "el control de calidad en el modo 2 es diferente" (p. 65) o ideas sugerentes pero no especificadas, tales como "se superponen a las contextualizaciones locales" (p. 109). Parecen exaltar el carácter transitorio del modo 2, existiendo solamente las redes electrónicas para contrarrestar la fragmentación. En cambio, se podría tomar el carácter distribuido pero coherente de tales redes como inspiración para pensar en el control de calidad posmoderno.

Conclusión

Hemos creado un marco analítico "bien articulado y hasta cierto punto verificado". El enfoque que seguimos también podría aplicarse a los sistemas nacionales de innovación, pese a que en ese campo la situación es más compleja. Cabría suponer que se encontrarán sistemas de interdependencia, pero de menor alcance (y quizá diferente naturaleza) que lo que cubren las actuales listas de control.

No hemos analizado la relación con el desempeño, pese a que usamos la idea de un sistema de investigación que se desempeña *bien*, lo cual nos sirvió de trampolín para llegar a la idea del sistema de investigación posmoderno. Sería posible ampliar el enfoque, y estudiar el comportamiento de los sistemas, y en términos más amplios que la innovación.¹⁶ Se debería tomar en cuenta el carácter de multi-nivel del sistema, así como los ciclos de relación hacia adelante y hacia atrás. Un método adecuado consistiría en articular, elaborar y verificar las relaciones causales acerca del comportamiento.

Hemos introducido la posibilidad de desarrollo apuntando hacia un sistema de investigación posmoderno. El rótulo es menos importante que la idea de un camino de transición que se orienta hacia una alternativa viable de lo que serían los sistemas de investigación típicamente modernos, incluso los enfoques alternativos de gestión.

Con independencia de lo que se pueda pensar respecto de este diagnóstico especulativo, el punto más general subyacente es que el panorama de la ciencia y sus instituciones está cambiando, y por diversas razones. La política debe dar respuesta a esos cambios, pero partiendo de un diagnóstico de la dinámica y una evaluación del valor de futuros posibles. Es allí donde demuestra su pertinencia en cuanto a la política el análisis *sistémico* sincrónico y diacrónico presentado en este trabajo. •

¹⁶ Además de los efectos inmediatos (los productos científicos, la difusión, la incorporación de la ciencia en la sociedad), podría introducirse la calidad social desde el punto de vista de la contribución a la creación de riqueza, calidad de vida y aprendizaje societal. A los conceptos de "creación de riqueza" y "calidad de vida" se les dio preeminencia en el *White Paper* (el Informe Blanco) británico sobre política científica (Waldegrave 1993), que puede leerse como un intento explícito de articular objetivos para el sistema nacional de investigación, y de creación de instrumentos y estructuras para alcanzar tales fines. En nuestra opinión, el tercer objetivo fundamental es el del "aprendizaje social" (aunque más no sea para asumir el papel de la ciencia y su rol con respecto a la toma de decisiones).

Bibliografía

- Bain, J. S., *Industrial Organisation*, Nueva York, Wiley, 1959.
- Boudon, R., *La logique du social, introduction à l'analyse sociologique*, París, Librairie Hachette, 1979.
- Chandler, A., *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1977.
- Cozzens, S. E., Healey, P., Rip, A., Ziman, J. (eds.), *The Research System in Transition*, Dordrecht, Kluwer Academic, 1990, pp. 387-401.
- Crozier, M., Friedberg, E., *Actors and Systems. The Politics of Collective Action*, Chicago, The University of Chicago Press, 1980. Originally *L'acteur et le système*, París, Ed. Seuil, 1977.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L., *Technical Change and Economic Theory*, Londres, Pinter Publishers, 1988.
- Dunn, W. N. y Burkart, H., "Introduction: Toward Knowledge Systems Accounting", *Knowledge* 9 (2), diciembre de 1987, pp. 163-167. Introduction to theme issue.
- Freeman, Ch., *Technology and Economic Performance: Lesson from Japan*, Londres, Pinter Publishers, 1987.
- Freeman, Ch., "Japan: A new national system of innovation?", en Dosi *et al.* (1988), pp. 330-348.
- Gibbons, M. *et al.*, *The New Production of Knowledge*, Londres, Sage, 1994.
- Hanf, K., Scharpf, F. W. (eds.), *Interorganizational Policy Making: Limits to Coordination and Central Control*, Londres, Sage, 1978.
- Holzner, B. y Marx, *Knowledge Applications: The Knowledge System in Society*, Boston, Allyn and Bacon, 1979.
- Klyn, E. H., Teisman, G., "Besluitvorming in beleidsnetwerken. Een theoretische beschiuwing over het analyseren en verbeteren van beleidsprocessen in complexe beleidsstelsels", *Beleidswetenschappen* 6, 1992, pp. 32-51.
- Krohn, W., Koppers, G., *Die Selbstorganisation der Wissenschaft*, Frankfurt, Suhrkamp, 1989.
- Lundvall, B. A., "Innovation as an Interactive Process -from User-Producer Interaction to National Systems of Innovation", en Dosi *et al.*, 1988.
- Rip, A., Van der Meulen, B. J. R., *Science Policy and Utilisation of Research. Key Concepts and Insights*, Background paper to the Conference of Like-Minded Research Donors, Hoevelaken (Netherlands), 21-22 de junio de 1994, commissioned by the Netherlands Ministry for Development Affairs.
- Neelen, G. H. J. M., *Principal-agent relations in non-profit organizations. A comparative analysis of housing associations and municipal housing companies in The Netherlands*, Enschede, University of Twente, Ph.D. thesis, 1994.
- Nelson, R., "A retrospective", concluding chapter in Nelson (de), *National Innovation Systems. A comparative Analysis*, Nueva York y Oxford, Oxford University Press, 1993, pp. 505-523.

- OCDE, *The Research System*, vol. 1, France, Germany, United Kingdom, París, 1972.
- OCDE, *The Research System*, vol. 2, Belgium, Netherlands, Norway Sweden, Switzerland, París, 1974.
- Pavitt, K. y Patel, R, "The International Distribution and Determinants of Technological Activities", *Oxford Review of Economic Policy*, 4 (4), 1988, pp. 35-55.
- Rip, A., "An Exercise in Foresigh: The Research System in Transition -To What?", en Cozzens, S. E., Healey, R, Rip, A. y Ziman, J. (eds.), *The Research System in Transition*, Dordrecht, Kluwer Academic, 1990, pp. 387-401.
- Rip, A., "The Republic of Science in the 1990s", *Higher Education* 28, 1994, pp. 3-23.
- Waldegrave, W., *Realising ourpotential. A Strategy for Science, Engineering and Technology*, White Paper, Cm 2250, Londres, HSMO, 1993.
- Williamson, D., "Summary of the Discussion: Relations with Other Research Institutions and the Scientific Community", in OECD/DSTI, *Meeting of Heads of Research Councils*, París, 1992, pp. 31-32.



Política tecnológica en la Argentina: ¿hay algo más que *laissez faire*?*

Daniel Chudnovsky** y Andrés López**

El presente artículo centra su foco en la oferta de políticas tecnológicas puestas en juego por el actual gobierno argentino. Por un lado, considera la historia previa de las políticas públicas con impacto sobre la variable tecnológica y de las instituciones creadas en la etapa de la industrialización sustitutiva de importaciones con el objetivo de estimular la generación de activos tecnológicos domésticos. Por otro lado, se analizan el actual conjunto de políticas públicas vinculadas a la innovación tecnológica y los nuevos mecanismos de fomento y promoción recientemente introducidos. Posteriormente, se evalúa la situación del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Finalmente, en las conclusiones se evalúa el conjunto de las iniciativas implementadas y su concordancia con lo que debería constituir el propósito central de la política tecnológica.

I. Introducción

Los escasos recursos financieros que el sector público destina a investigación y desarrollo (I+D), la crisis en la que se encuentran las principales instituciones y organismos dedicados a ciencia y tecnología (CyT) -con la consiguiente desmoralización de sus cuadros técnicos-, el bajo perfil que ha tenido a lo largo de casi toda su historia la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECyT) y el hecho de que la política tecnológica nunca haya ocupado un lugar destacado en la agenda del Ministerio de Economía, llevan a pensar que los gobiernos argentinos hace tiempo han optado por desentenderse del tema de CyT, dejando a la mayoría de las instituciones del complejo libradas a

* Este artículo se basa en un documento mucho más extenso (Chudnovsky y López, 1995). Los autores desean aclarar que el trabajo de campo sobre el cual se basó dicho documento fue realizado entre mediados y fines de 1994 y que no ha podido ser actualizado para el presente artículo. Sin embargo, la información secundaria disponible sugiere que, más allá de algunos avances o retrocesos parciales, el panorama general descripto no ha cambiado en lo esencial.

** Centro de Investigaciones para la Transformación (CÉNIT).

su propia suerte y confiando el proceso de innovación tecnológica a las señales del mercado y las decisiones privadas.

Aunque practicado durante casi toda la historia del país (Adler, 1987), el *laissez faire* en materia tecnológica de la actual administración encontraría sus fundamentos en la teoría económica ortodoxa -que, con escasas excepciones, considera a la tecnología como una variable exógena- y, sobre todo, en las recomendaciones de política del llamado Consenso de Washington, que priorizan la liberalización comercial y la promoción de la inversión extranjera directa (IED) como instrumentos básicos para lograr la modernización tecnológica.

La apertura de la economía a las importaciones estimularía una mejora en la eficiencia del sector productivo a través de la mayor competencia en el mercado local; al mismo tiempo, facilitaría el acceso a maquinaria y equipo de última generación. A su vez, la liberalización del régimen de IED promovería la incorporación y difusión de los conocimientos técnicos y gerenciales de los inversores extranjeros. Asimismo, la desregulación de los acuerdos de transferencia de tecnología sería otro estímulo al proceso de modernización.¹

Estas políticas, juntamente con el debatido proyecto de modificación de la ley de patentes de invención, han sido sin duda las medidas con mayor impacto sobre la variable tecnológica entre las tomadas por el actual gobierno. El fuerte aumento en las importaciones de bienes de capital -a pesar de su fuerte orientación hacia sectores no transables- y el incremento espectacular en los flujos de IED (Chudnovsky *et al.*, 1995), darían cuenta del éxito de las políticas de liberalización.

Sin embargo, tanto las conclusiones que surgen de enfoques teóricos alternativos al neoclásico,² como el análisis de algunas experiencias históricas exitosas de desarrollo tardío, sugieren que, si bien la importación de maquinaria y equipo y el ingreso de IED facilitan la modernización tecnológica, ésta sólo tiene posibilidades de ser alcanzada a través de un complejo proceso evolutivo, guía-

¹ Si bien el régimen de transferencia de tecnología había sido ya casi totalmente liberalizado en 1977, el actual gobierno completó esta tarea, desregulando las operaciones entre casa matriz y filiales locales de empresas transnacionales (ET).

² Véase el trabajo de la OCDE publicado en este mismo número.

do y asistido por una política activa y sistemática en materia de innovación.

Podría pensarse que esta visión del problema también ha sido incorporada por el actual gobierno, ya que se han producido algunas novedades importantes en materia de políticas públicas vinculadas a CyT. Por un lado, entre 1990 y 1994 han aumentado los recursos asignados a estas actividades en el presupuesto público nacional, los cuales ascendieron en 1994 a más de u\$s 600 millones. Por otro, se observan una serie de iniciativas orientadas a la promoción de la innovación tecnológica, de las cuales las más relevantes son:

1) Ley 23.877, de Promoción y Fomento de la Innovación Tecnológica, que establece un fondo de promoción con una asignación anual de u\$s 20 millones y crea la figura de unidades de vinculación (uv) entre el sector privado e institutos de investigación.

2) Programa de Modernización Tecnológica -con un presupuesto de u\$s 190 millones- lanzado por el Ministerio de Economía sobre la base de un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con contrapartida local, destinado a dos líneas de crédito para la innovación tecnológica.

3) La reestructuración del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

4) Programas de extensionismo industrial para pyMEs, de Desarrollo de Proveedores y creación del Sistema Nacional de Normas, Calidad y Certificación (en el ámbito de la Secretaría de Industria).

El lanzamiento de estas iniciativas revela un activismo en algunos segmentos del sector público que contrastaría con el mencionado *laissez faire* y plantea varios interrogantes que este trabajo trata de contestar:

a) ¿Qué propósitos tienen, cómo están diseñadas, cuáles son los recursos financieros disponibles y cómo están siendo implementadas?

b) ¿Cómo están articuladas entre sí y en qué medida apuntan al desarrollo de una política tecnológica? ¿Cómo se integran, a su vez, con las otras políticas públicas con incidencia sobre el área y, en particular, con los lineamientos estructurales de la política económica en vigencia?

c) ¿En qué medida contribuyen a vincular la oferta de conocimientos tecnológicos disponible en el complejo de CyT con las demandas del sector manufacturero, tratando de cerrar la brecha que tradicionalmente ha existido en el país al respecto?

Aunque este trabajo se centra en la oferta de políticas tecnológicas puestas en juego por el actual gobierno, una cuestión imposible de soslayar es la de la demanda del sector empresario en relación con la modernización tecnológica. Se suele argumentar que mientras las filiales de ET y muchas grandes firmas locales prefieren el *laissez faire* gubernamental en la materia, existiría, de todos modos, una demanda importante, sobre todo en el caso de las PVMES. La pobre respuesta empresarial que -según veremos más abajo- han tenido hasta ahora los instrumentos introducidos por el gobierno o por las instituciones del complejo de CyT introduce dudas al respecto,³ y hace pensar que dicha demanda es más latente que efectiva, lo cual obviamente plantea una seria restricción que las políticas públicas deberían intentar revertir.

La organización del artículo es la siguiente. En la sección II se considera la historia previa de las políticas públicas con impacto sobre la variable tecnológica y de las instituciones creadas en la etapa de la industrialización sustitutiva de importaciones (ISI) en orden a estimular la generación de activos tecnológicos domésticos. En la sección III se analizan el actual *set* de políticas públicas vinculadas a la innovación tecnológica y los nuevos mecanismos de fomento y promoción recientemente introducidos. En la sección IV se evalúa la situación del INTI.

Anticipando las conclusiones del trabajo, presentadas en la sección final, consideramos que, más allá de sus buenas intenciones, las iniciativas implementadas están desarticuladas, carecen de rumbo definido y no generan las sinergias que deberían constituir el propósito central de la política tecnológica. Al mismo tiempo, se atienden insuficientemente las demandas tecnológicas y organizacionales necesarias para desarrollar la competitividad sistémica del sector manufacturero, y en particular de las PyMEs, demandas acrecentadas por la apertura y para cuya solución la importación de tecnología resulta insuficiente. En esas condiciones, se agrava la crisis en que se debaten las viejas instituciones, se corre el peligro de hacer rápidamente inoperantes los nuevos mecanismos y, en los hechos, se reafirma el *lais-*

³ Nivoli (1989) afirma que el sector productivo "[...] ignora estructuralmente los aportes que puedan venir de la investigación". A su vez, Nochteff (1994) concluye que "[...] la ausencia o debilidad de las políticas de CyT en la Argentina se deben fundamentalmente a la falta de demanda antes que a las debilidades de la oferta".

sez faire tecnológico que las iniciativas examinadas podrían haber comenzado a rectificar.

II. De la industrialización sustitutiva de importaciones a la crisis de los ochenta

Los orígenes del actual complejo de CyT se remontan a los años cincuenta. Los cuatro organismos que hoy son el eje del mismo -junto con el sistema universitario- son creados sucesivamente en 1955/1956 -Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)-, 1956 -Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)-, 1957 -INTI- y 1958 -Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET)-. Cabe destacar dos notas de este momento: a) la pérdida del lugar central de la Universidad como núcleo de las actividades científico-tecnológicas (en la práctica, casi exclusivamente científicas); b) el comienzo de un mayor énfasis -al menos retórico- en la necesidad de que el complejo de CyT se articule con el sector productivo doméstico -tanto agropecuario como industrial- para atender los requerimientos tecnológicos de este último.

Si bien este "florecimiento" de instituciones coincidió en el tiempo con la maduración de la ISI -en un contexto de escasa oferta local de tecnología-, las características particulares que adoptó la ISI en la Argentina llevaron a que el sector productivo -y en particular la industria- contemplara al complejo de CyT, primordialmente, como un lugar a donde recurrir para resolver problemas rutinarios (ensayos, metrología, etcétera).

El sector industrial doméstico históricamente descansó en la IED y en la transferencia de tecnología desde el exterior como fuentes principales del dinamismo tecnológico, especialmente en los casos de las ET y de las grandes firmas de capital nacional. En este marco, se realizaban esfuerzos intramuros en innovaciones adaptativas, los cuales alcanzaron cierta importancia, especialmente en algunas ramas de la metalmecánica, pero casi nunca se pasó a etapas más complejas dentro de las actividades de I+D (Katz y Bercovich, 1993). Consecuentemente, el gasto privado en I+D ha sido siempre muy reducido.

El estado no contribuyó significativamente para revertir esta situación. Históricamente, el gasto público en I+D alcanzó como máximo el 0,3% del PBI, y del mismo, sólo una pequeña fracción estuvo dirigida hacia el sector industrial y a actividades tecnológicas. Hasta la sanción

en 1990 de la Ley 23.877 no existieron líneas de crédito dirigidas a financiar proyectos de innovación tecnológica en el sector productivo.⁴ En tanto, recién en 1971 se dictó el primer régimen de control y registro de transferencia de tecnología. Estos y otros ejemplos llevan a calificar la actitud estatal ante las actividades de CyT como de "*laissez faire*" tecnológico (Adler, 1987).

A diferencia de lo que ocurre hoy, el *laissez faire* tecnológico de aquella época no se basaba necesariamente en un cuerpo de ideas coherente acerca de las ventajas de confiar en las fuentes extranjeras de provisión de tecnología. Si éste podía ser el caso de algunos *policy-makers* en ciertas épocas, en otros casos "los eslabonamientos entre el desarrollo tecnológico y el económico no eran percibidos" (Adler, 1987); la tradicional actitud refractaria de las grandes firmas locales y las filiales de ET ante todo intento de control de la importación de tecnología convalidaba este estado de cosas. Asimismo, en el esquema de funcionamiento de la ISI en la Argentina, las políticas comerciales y cambiarias fueron privilegiadas en la agenda del estado y del empresariado, ubicando a las políticas de CyT en un lugar secundario -correspondiente con el lugar menos que secundario que el proceso de innovación tecnológica ocupaba en la dinámica de crecimiento de la economía doméstica- (Nochteff, 1994).

Las instituciones públicas cumplían básicamente funciones "facilitativas", más que normativas y orientadoras. Se crearon organismos, se le asignaron fondos y se reglamentaron sus actividades, pero esto no ocurrió como parte de un programa estructurado sobre la base de objetivos claros, sino como respuesta a inquietudes provenientes de sectores particulares de la sociedad. En este contexto, no sorprende que un rasgo fundamental en el funcionamiento de las instituciones de CyT sea la inexistencia de un plano superior de coordinación, necesario al considerar que cada una se ubica en distintos estamentos del aparato administrativo estatal. De aquí surgen superposiciones, falta de mecanismos de comunicación intrasistema y la inexistencia de mecanismos globales de priorización de objetivos y de instancias de evaluación (Bisang, 1994); cabe agregar, también, disputas entre los distintos organismos del complejo. Esta ausencia de instancias de coordinación efectivas se extiende en muchos casos

⁴ Con la excepción de un conjunto de líneas -por montos relativamente pequeños- creadas a mediados de los años ochenta por el Banco Provincia de Buenos Aires.

a las instituciones en sí -hecho no sorprendente teniendo en cuenta que el crecimiento de éstas fue muchas veces inorgánico, adicionando funciones y modificando sus reglas operativas según fueran surgiendo demandas específicas a resolver-, lo cual multiplica los problemas señalados.

Se trata por otro lado de instituciones rígidas, que se definen por campos de especialización, lo cual dificulta la reorientación de sus objetivos en función de los cambios que ocurren en el medio hacia el cual dirigen su accionar. Nuevamente, esta rigidez se extiende incluso al interior de las entidades, donde se crean mecanismos y dependencias que repiten el esquema antes señalado. Por otro lado, y probablemente como consecuencia de las características que rodearon su nacimiento, se han dirigido fundamentalmente a ciencias y tecnologías duras. A su vez, entre las instituciones orientadas hacia lo tecnológico se privilegió la dimensión ingenieril por sobre los aspectos "blandos" de la tecnología.

Del lado del complejo de CyT, para instituciones como el CONICET o el sistema universitario, la desarticulación con el sector productivo estaba lejos de constituir un problema, ya que se consideraba a la "academia" como algo incompatible con actividades de "segundo orden", tales como las de vinculación con el aparato productivo o la transferencia de tecnología (Caldelari *et al.*, 1992).⁵

Por cierto, éste no es el caso de los organismos creados para asistir al sector productivo -INTA e INTI-, ya que su razón de ser está en la vinculación con aquél. Sin embargo, las trayectorias de ambos institutos han sido claramente distintas, y existe consenso en señalar la mayor efectividad de los aportes del INTA en materia de productividad y avance tecnológico. Sin pretender ahondar en el tema, detrás de estas diferencias parecen jugar varios factores: mayor cantidad de recursos monetarios y humanos asignados al INTA, mejor vinculación con sus usuarios naturales -y paralelamente un mayor interés de los productores agropecuarios por incorporar avances técnicos-, adopción de un modelo -similar al estadounidense- que enfatiza la investigación aplicada y la extensión, menor grado de apropiabilidad

⁵ Por ejemplo, entre 1971 y 1983 el CONICET efectuó un promedio de apenas diez convenios de vinculación tecnológica (VT) por año. En una publicación del organismo donde se detallaban las actividades de aquel período, no había referencia alguna a dichos convenios o a la VT en general (Nívoli, 1989).

privada, y consecuentemente la posibilidad de generar mayores externalidades -al menos en el contexto del viejo paradigma tecnológico-, de las innovaciones en el agro. De todos modos, más allá de estos elementos, es evidente que en el contexto de una alta protección para el sector manufacturero, las firmas pudieron operar en condiciones de productividad y calidad alejadas de los estándares internacionales, con el obvio desestímulo a las actividades de innovación tecnológica.

En la creación del INTI influyeron fundamentalmente dos factores, uno del lado de la "oferta" y otro del lado de la "demanda" tecnológica: a) la disponibilidad de profesionales formados en laboratorios de ensayo y certificación de las firmas estatales; b) el incipiente desarrollo de la industria doméstica, que ingresaba a la segunda etapa de la ISI a través de la expansión en ramas productoras de insumos intermedios, bienes de consumo durable y bienes de capital.

La disconformidad con las formas que iba asumiendo la relación INTI-sector industrial ya se refleja en la primera consulta sobre objetivos y organización de la institución, realizada a los consejeros del INTI en 1967. Allí se criticaba la concentración de esfuerzos en ensayos, análisis y otros servicios de rutina, de la cual derivaban sesgos negativos tales como predominio de la mentalidad burocrática, aumento del aparato administrativo y descuido de las tareas fundamentales del instituto -investigar para la resolución de problemas tecnológicos en el sector industrial- (Oscar Adot y Simón Delpech, citados en Valeiras, 1992).

Asimismo, en aquella primera consulta se criticaba la falta de definición acerca de las materias y sujetos sobre los cuales se volcaría la acción del organismo. También se advertía el contraste entre el grado de vinculación del INTA con la dirigencia agropecuaria frente al muy inferior del INTI con los empresarios industriales y se hacía notar que la actitud de los industriales privados ante la cuestión tecnológica era determinante de las posibilidades de desarrollo de la institución. Así, se señalaba que mientras un grupo de industriales no acude al INTI porque no le es útil, ya que dependen para su funcionamiento del *know how* importado, otro conjunto de empresas "[...] desconfían [...] de toda intromisión oficial, si ésta no se traduce en alguna medida de protección que ampare su producción, buena o mala" (Juan Puiggari, citado en Valeiras, 1992).

A su vez, Bisang (1994) observa que el concepto de tecnología implícito en la formulación de objetivos y tareas para el INTI parecía girar en torno a la resolución de problemas ingenieriles en algunos cam-

pos específicos; asimismo, tenía una fuerte relación con la necesidad de asistir al sector productivo en la provisión de servicios concretos. Menor o nula relevancia tuvieron aspectos tales como métodos de gestión y dirección empresarios, capacitación de mano de obra como conducto de difusión de tecnología, estrategias y técnicas de comercialización, etcétera.

No puede obviarse, pese a que no será examinada en este trabajo, la experiencia de la CNEA. Se trata de una iniciativa pionera, no sólo en la Argentina sino en toda Latinoamérica, de articulación entre investigación científica y aplicación técnico-productiva (además de su papel clave en el logro de un elevado grado de autonomía tecnológica en materia nuclear). Según Bisang (1994), es

[...] uno de los emprendimientos tecnológicos de mayor envergadura y solidez técnica encarado por la Argentina [...] Por su dinamismo tecnológico y su articulación productiva se convirtió rápidamente en un conjunto de emprendimientos productivos que conforman un círculo virtuoso de avance en el campo de la ciencia, la técnica y finalmente la producción [...],

configurando el más cercano ejemplo real de lo que luego se llamó el "triángulo de Sábato". No obstante, ni siquiera esta experiencia relativamente exitosa en el contexto argentino logró desarrollar a pleno sus capacidades de articulación y transferencia hacia el sector productivo.

El único período durante el cual el predominio del *laissez faire* en materia tecnológica fue abandonado -aunque sin que hayan podido exhibirse resultados concretos en términos de la creación de una base tecnológica endógena- fue entre 1969 y 1976. El paso más concreto en la materia fue el dictado de la primera ley de transferencia de tecnología en 1971, seguida por otra en 1974. En ambas -y especialmente en la segunda- primaba una intención de contralor de la importación de tecnología en orden a los objetivos de desarrollo nacionales.

Se buscó redefinir -con éxito relativo- el perfil del INTI (a través de la reducción de la importancia de los servicios de rutina, la colaboración con empresas, entidades y emprendimientos estatales, el mayor acercamiento a las necesidades de las pyMEs, la regionalización de sus actividades, etc.), institución que, además, asumió funciones como autoridad de aplicación del régimen de transferencia de tecnología y del sistema métrico legal argentino -creado en 1972- (Adler, 1987 y Valeiras, 1992).

Por otro lado, la evidente necesidad de ordenar el inorgánico crecimiento del complejo de CyT llevó a crear en 1969, como un desprendimiento del CONICET, el Consejo Nacional de Ciencia y Técnica (coNACyT), con una Secretaría, dependiente de Presidencia de la Nación. En la práctica, esta institución -hoy denominada Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECyT) y que tuvo numerosos nombres y dependencias jerárquicas desde entonces- nunca cumplió efectivamente con el rol de coordinación y planeamiento que le fue asignado en un principio.

Pese a que en las leyes de promoción industrial o compra nacional se introdujeron artículos donde se hablaba de promover el desarrollo tecnológico doméstico, en la práctica su efecto fue limitado, tanto en términos de sectores como de hitos alcanzados. Asimismo, aunque se formularon varios planes de desarrollo que incluían componentes de política de CyT, su carácter era básicamente indicativo y sus efectos prácticos marginales (Adler, 1987). Estos planes apuntaban generalmente a objetivos de autodeterminación tecnológica y de reorientación de la inversión en CyT hacia áreas relevantes para los sectores económicos considerados prioritarios. Estas directivas -que raramente pasaron de la retórica- fueron formalmente abandonadas con la asunción del gobierno militar en 1976.

De todos modos, la política de CyT -a excepción de lo referente a transferencia de tecnología- nunca estuvo integrada -o siquiera considerada seriamente- en el marco más amplio de las sucesivas políticas económicas e industriales vigentes en aquel período. Este hecho se debe atribuir no sólo a la indiferencia hacia el tema por parte de los *policy-makers* del área económica, sino también a la poca voluntad de coordinación y cooperación evidenciada desde la conducción de las instituciones de CyT y a la divisoria de aguas en el empresariado local entre quienes apoyaban los intentos de crear una base tecnológica doméstica y aquellos, esencialmente las firmas de mayor tamaño y/o de origen extranjero, que eran poco entusiastas en relación con tales proyectos.

La asunción del gobierno militar en 1976 supone un progresivo regreso al *laissez faire*, aunque esta vez montado sobre bases ideológicas más firmes. Primero a nivel del discurso y luego en los hechos -con la primera experiencia aperturista-, comienza a enfatizarse la necesidad de que la industria doméstica se acerque a los niveles de eficiencia de sus competidores extranjeros. Para este objetivo, la modernización tecnológica jugaba un rol importante, y, acorde con la tradición local en la materia, la opción natural era la

importación, vía bienes de capital, flujos de IED y acuerdos de transferencia de tecnología.

En 1977 se dicta una nueva ley de transferencia de tecnología, que eliminaba algunas restricciones previas pero mantenía un control de los acuerdos y pagos de licencias. En 1981 se sanciona la ley 22.426 (actualmente vigente), que es una de las más liberales de América Latina; en ella, se desregula casi totalmente el régimen de importación de tecnología. A su vez, en 1976 se dicta una nueva ley sobre IED, que introduce una amplia liberalización en la materia.

Si bien la SECyT nunca había logrado asumir plenamente su supuesto rol coordinador en el complejo de CyT, fue entonces relegada a un rol que ya también formalmente era pasivo y secundario. En cuanto al INTI, se retornó al sendero anterior, priorizándose los servicios técnicos y cumpliendo un rol meramente registral en relación con la importación de tecnología.

Con la reestructuración regresiva de la industria doméstica iniciada en 1976 (con el desplazamiento de las ramas portadoras del progreso técnico y cuyo desarrollo es más dependiente de las actividades de innovación),

[...] todos los factores y comportamientos que habían mantenido tanto a la CyT misma como a las políticas de CyT [...] en un plano secundario en la agenda y en las prioridades del estado y de la élite económica se reforzaron como nunca antes en la historia económica argentina (Nochteff, 1994).

La asunción del gobierno democrático -1983- no alteró sustancialmente las líneas generales de la política de CyT; la supresión de la persecución ideológico-política implantada por el régimen militar fue su mayor contribución. Si bien se formularon algunos loables objetivos para la SECyT, en la práctica quedaron trancos: "[...] la articulación de las políticas de CyT con las vinculadas al desarrollo económico y social" -no lograda, en parte por la ausencia de ambas y en parte por la separación de jurisdicciones en el aparato burocrático-administrativo-, "el financiamiento adecuado al complejo de CyT" -ocurrió lo contrario, ajuste fiscal mediante- y "el establecimiento de un régimen de importación de tecnología" -no se modificó el régimen de 1981, sea por convencimiento, desidia o compromisos con organismos internacionales-⁶ (Oteiza, 1992).

⁶ En la primera etapa del gobierno radical se elaboró un proyecto de ley de transferencia de tecnología (Chudnovsky, 1985), el cual nunca fue aprobado por el Congreso.

El único mecanismo novedoso en el campo de la política tecnológica fue la creación de una Comisión Nacional de Informática, que implementaría medidas de política industrial tendientes a consolidar un polo electrónico apoyado en el desarrollo de empresas de capital mayoritario nacional, y el subsecuente dictado de un régimen informático (Resolución 44/85), que preveía incentivos para un grupo de firmas nacionales a cambio del cumplimiento de obligaciones referidas principalmente a metas de integración nacional de la producción y de generación de conocimientos tecnológicos (Azpiazu *et al.*, 1988). Estas políticas, que contaron con una fuerte oposición de parte de las grandes firmas del sector, no alcanzaron los objetivos propuestos.

Por otro lado, los años ochenta, caracterizados por una cada vez más exacerbada inestabilidad macroeconómica, el cierre de la economía doméstica y un escaso o nulo crecimiento del PBI, no fueron un escenario especialmente propicio para que los empresarios domésticos modificaran su actitud tradicionalmente refractaria a involucrarse en inversiones de riesgo, entre las cuales obviamente están las dirigidas a la innovación tecnológica.

En los hechos, el gobierno radical continuó con el *laissez faire*, a pesar de que exhibía propósitos opuestos a nivel de su discurso. Si bien ubicar las causas de esta tendencia es una tarea compleja, podemos apuntar: a) los problemas derivados de la situación macroeconómica absorbieron la mayor parte de los esfuerzos de la administración y subordinaron las definiciones -incluidas las vinculadas a asignación de recursos- en otras áreas; b) en un contexto donde se comprometían objetivos de desregulación y liberalización con organismos internacionales, la re-regulación de los flujos de transferencia de tecnología, por ejemplo, hubiera implicado una anómala "marcha atrás" en la dirección general de las políticas públicas; c) el convencimiento de las autoridades sobre la importancia de la variable tecnológica era, más allá de las palabras, bastante débil.

En este marco, el complejo de CyT creció lentamente -y de manera desigual, ya que algunas instituciones tuvieron mejor suerte que otras en el reparto de fondos- por adición de recursos humanos y financieros hasta fines de los años ochenta, cuando se ven definitivamente alterados algunos parámetros básicos sobre los cuales había funcionado la economía argentina en los últimos treinta años. Básicamente se trata de tres fenómenos: a) la crisis fiscal del estado argentino; b) el decidido avance del proceso de apertura de la economía local a los flujos de comercio, capital y tecnolo-

gía internacionales; c) el surgimiento de un nuevo paradigma tecno-productivo a nivel mundial.

Se puede estimar que entre 1984 y 1990 los recursos asignados en el Presupuesto de la Nación para CyT cayeron -según cual sea la metodología de actualización elegida- entre un 22% y un 29% aproximadamente. La caída es mucho más fuerte en relación con 1986, año en el cual los recursos destinados al tema alcanzaron el nivel máximo de los últimos diez años. A su vez, en términos relativos al PBI, el gasto del sector público argentino en CyT cayó de 0,27% para el período 1980-1987 a 0,24% entre 1989-1991.

Esto se tradujo no sólo en un deterioro salarial, sino también en obstáculos para acceder a insumos, equipos y publicaciones. Si la cooperación internacional permitió en ciertos casos el equipamiento de algunas unidades, esta solución no carece de costos por las dificultades en términos de adecuación de los equipos, continuidad tecnológica y de marcas, etcétera.

Como se mencionó antes, el proceso de apertura a los flujos internacionales de comercio, capital y tecnología comenzó con el gobierno militar instaurado en 1976. Si la crisis de la deuda había implicado en 1982 una marcha atrás en la apertura comercial, desde 1988 dicho camino fue retomado, primero gradualmente y luego de modo drástico. Esto expuso al sector productivo a una mayor competencia externa, hecho que debería redundar, según indica la literatura recibida, en la necesidad de incrementar los esfuerzos en materia de costos, calidad, productividad, etc., de modo de defender su participación en el mercado local y, eventualmente, iniciar o acrecentar su presencia en mercados externos.

Finalmente, la aparición de un nuevo paradigma tecno-productivo altera radicalmente las prácticas industriales previamente vigentes. Surgen nuevas necesidades tecnológicas -incluso campos enteros de acción que no existían anteriormente-, que no sólo involucran problemas "ingenieriles" sino también, y de manera prominente, aspectos relacionados con tecnologías blandas. En este contexto, la inadecuación del complejo de CyT aparece como flagrante, ya que su rigidez, alto grado de especialización y orientación hacia lo ingenieril suponen todo lo contrario de aquello que viene representado por el nuevo paradigma dominante.

El INTI no escapó a esta generalizada crisis del complejo de CyT, y de la mano de la profunda crisis fiscal sus ingresos se fueron reduciendo en términos reales, llevando a la necesidad de ajustar gastos. Este proceso comenzó con la inversión en equipamiento -que pasó a

depender fundamentalmente de la asistencia internacional- y luego se extendió a los salarios, impulsando a parte del personal más capacitado a emigrar.

Desde 1983 hasta hoy se han sucedido nueve presidentes en el INTI. Esta inestabilidad ha implicado que los distintos proyectos -buenos o malos- de reorganización que pudieron haber impulsado cada una de las sucesivas conducciones no hayan tenido el tiempo de maduración necesario como para mostrar resultados. Durante este período se intentaron introducir algunas innovaciones institucionales que apuntaban a superar -sin tener finalmente éxito- las deficiencias del INTI. Por ejemplo, la creación de los Centros de Asistencia Técnica e Información (ATI), que apuntaba a la descentralización de las actividades, o la participación del personal en los ingresos provenientes de la facturación de servicios (luego eliminada).

En tanto, los centros creados por el INTI en la última década, a diferencia de aquéllos constituidos en los años sesenta y setenta -que se vinculaban al desarrollo general de la industria doméstica-, surgen en función de situaciones de desarrollo puntual (telefonía, informática) o de acuerdos con asistencia técnica internacional en temas muy específicos (trigo, maíz, envases). Se destaca, por contraste, la ausencia de relaciones con los sectores industriales de mayor crecimiento en las últimas décadas -aluminio, siderurgia, petroquímica- (Bisang, 1994).⁷

En este contexto crítico, el punto importante es que el proceso simultáneo de ajuste, reformas estructurales y transformaciones tecnológicas que se ha venido desarrollando durante los últimos años ha tenido profundas implicaciones -más allá del recorte de recursos- sobre el complejo de CyT. De hecho, parecería difícil pen-

⁷ Es interesante nuevamente el contraste con el caso del INTA. A partir del cambio del paradigma científico-tecnológico en el sector agropecuario, que implicó el pasaje de una situación de libre acceso del conocimiento a otra de apropiación privada, el INTA decidió, a fines de no ampliar la brecha tecnológica, formular un Plan Nacional de Tecnología Agropecuaria. Además, debió agregar a su tradicional función de extensionismo, la capacidad de vincularse con empresas privadas para movilizar su potencial de resultados de la investigación. Para ello creó en 1988 una estructura de gestión que denominó Unidad de Vinculación Tecnológica, a través de la cual se gestionó una importante cantidad de convenios sobre temas de tecnologías agropecuarias innovativas. Se cita, incluso, el hecho de que "el prestigio social del INTA hace que para las empresas privadas sea atractivo desarrollar un producto cuya colocación en el mercado pueda ser publicitada como resultado de una asociación con el INTA" (Nívoli, 1992).

sar en una redefinición exitosa del diseño y funciones de las instituciones de CyT sin contar, paralelamente, con algún tipo de "visión" acerca de la marcha y orientación del proceso de reestructuración del sistema productivo. Por consiguiente, no es sorprendente constatar que los años ochenta hayan sido de progresiva desarticulación entre el complejo de CyT con relación a las necesidades sociales emergentes.⁸ Más aún, fuera de las buenas o malas razones para asumir tal postura, es notorio que ha existido una cierta desacreditación de las instituciones de CyT entre diversos estamentos sociales.⁹ Consecuentemente, es lógico que a partir de una cierta consolidación de un nuevo modelo productivo basado en una mayor apertura a los flujos internacionales de capital, comercio y tecnología, sea generalizada la inquietud por reformular el modelo institucional del complejo de CyT de modo de adecuarlo al nuevo contexto socio-económico vigente en los años noventa.

III. Los años noventa: el marco general y mecanismos de promoción

1. El complejo nacional de CyT. Recursos y principales instituciones

Se estima que existen alrededor de 2.000 instituciones dedicadas a actividades de CyT en el ámbito nacional (Bisang *et al.*, 1994). El total de recursos humanos empleados -en términos equivalentes a personal de dedicación exclusiva- alcanzaría a unas 30.000 personas (SECYT, 1995), aunque la heterogeneidad de los criterios de asignación impone prudencia en la interpretación de dicha cifra. El sistema universitario aporta la mayor cantidad de personal dedicado a CyT (cerca de un tercio del total), seguido por el INTA, el CONICET, el INTI y la CNEA.

A partir de 1991 se observa una gradual recuperación del presupuesto asignado a CyT. En comparación con 1990, en 1994 los re-

⁸ Una excepción importante a este patrón general es el Programa de Investigación y Desarrollo del Complejo Petroquímico Bahía Blanca -PIDCOP-, y su unidad de ejecución, la Planta Piloto de Ingeniería Química -PLAPIQUI- (Nívoli, 1992). Sin embargo, diversos motivos han hecho que los efectos positivos que podrían haberse derivado de esta experiencia hayan quedado parcialmente trancos (Chudnovsky *et al.*, 1992).

⁹ Nívoli (1989) caracteriza la situación diciendo que el sector científico es percibido por la sociedad como estructurado en función de sus propios fines (endogenerado y autoevaluado).

cursos son entre un 21 y un 44% superiores -según la metodología elegida para la actualización-, aunque cabe aclarar que, en parte, este aumento se debe a la incorporación explícita dentro de la finalidad de CyT de gastos, e incluso instituciones enteras, que antes figuraban en otros rubros (Chudnovsky y López, 1995). En términos relativos al PBI, el gasto en CyT del sector público cayó a algo menos de 0.2% entre 1992 y 1994.

El presupuesto del complejo de CyT a nivel nacional se ubicó en el bienio 1993-1994 en torno a los u\$s 550-600 millones (cerca del 1.5% del gasto público nacional). En 1994 el CONICET absorbió un 33,3% de dicho presupuesto; le siguieron el INTA (20.9%), el sistema universitario (14,8%), el INTI (5,2%) y la CNEA (5%). En conjunto, estas cinco instituciones absorben cerca de un 80% del total de recursos fiscales nacionales destinados al complejo de CyT.

En cuanto al gasto total en CyT, el último relevamiento disponible (SECYT, 1995) indica que en 1994 habría rondado los u\$s 870 millones. Las empresas privadas habrían aportado cerca del 11% de esa cifra. En términos del PBI, el gasto total en CyT se ubicaría un poco por encima del 0,3%, nivel que se compara desfavorablemente no sólo con los datos correspondientes a países desarrollados (donde el gasto en I+D sobre el PBI se ubica entre 2 y 3%), o del Sudeste Asiático (entre 1 y 2% del PBI), sino también con los del Brasil (0,89%), Chile (0,5%) y México (0,4%).

Es asimismo muy débil la contribución privada al gasto total en CyT. En los países desarrollados, así como en el Sudeste Asiático, dicho aporte suele rondar el 40 % del gasto en CyT. En tanto, en países como el Brasil o Chile la participación privada es similar (téngase en cuenta que las cifras son altamente estimativas) a la registrada en la Argentina.

En cuanto a los datos sobre importación de tecnología, se cuenta con cifras oficiales sólo hasta 1991. Respecto del número de contratos con pedido de inscripción, ha venido declinando sostenidamente desde 1984 -446 contratos- hasta 1991 -236 contratos-. La tendencia declinante no se extiende a los montos aprobados, ya que luego de oscilaciones fuertes entre 1984 y 1990, en 1991 se alcanza un pico de u\$s 500 millones. Tomando la relación entre importación de tecnología y valor agregado del sector industrial, las cifras correspondientes a la Argentina se revelan como muy bajas, comparando no sólo con los países desarrollados, sino con las naciones de industrialización reciente de Asia o con México.

2. El papel de la SECYT

En el presente la Argentina carece de una política articulada y explícita para el sector de CyT; por extensión, tampoco existe -más allá de la renovada adhesión al *laissez faire* descripta en la introducción- una política tecnológica. Hay, en cambio, algunas orientaciones generales que parecen informar la actitud oficial hacia la materia y que podrían sintetizarse en tres elementos: a) incrementar la vinculación del complejo de CyT con el sector productivo; b) elevar los recursos que se destinan a investigación aplicada y transferencia de tecnología; c) aumentar el margen de autofinanciamiento de las instituciones oficiales de CyT.

¿Cuáles son los instrumentos y mecanismos concretos que se están empleando para lograr estos objetivos? Por un lado, establecer algunos incentivos crediticios para que las firmas formulen proyectos de innovación tecnológica (Programa de Modernización Tecnológica y Ley 23.877). Por otro, desarrollar programas dirigidos a estimular los esfuerzos en productividad, calidad y gestión de parte del sector productivo (diversos programas de la Secretaría de Industria). Finalmente, estimular la reestructuración de las instituciones de CyT (en particular del CONICET y del sistema universitario) a fin de que se incremente el peso de las actividades de vinculación y transferencia hacia el sector privado.

La SECYT, ahora bajo la dependencia directa de la Presidencia de la República, se autodefine como el organismo

[...] encargado de la formulación de las políticas nacionales del sector y de la realización de las actividades de orientación, coordinación y promoción que resulten necesarias para el mejor desarrollo de las mismas, asegurando la adecuada cobertura de las demandas de la sociedad, del Estado y de los sectores productivos y de servicios (Matera, 1992).

Sin embargo, en la práctica, no cuenta con mecanismos que le permitan ejercer efectivamente funciones de coordinación o de formulación de políticas en el orden nacional. Se han creado algunas comisiones asesoras que cumplen tareas básicamente consultivas y se han puesto en marcha algunos programas -de nula efectividad- dirigidos a coordinar actividades y mejorar la asignación de recursos dentro del complejo de CyT. Su poder de coordinación se reduce, en esencia, al CONICET, dado que el mecanismo presupuestario de las instituciones de CyT restringe su acción concreta. Los principales organismos de

CyT discuten sus presupuestos de manera autónoma con el Ministerio de Economía y tienen asignadas partidas específicas.

Más allá de algunas iniciativas que no han funcionado en la práctica, el paso más importante en materia de política tecnológica en el área de la SECYT fue la sanción, en 1990, de la Ley 23.877, de Promoción y Fomento a la Innovación Tecnológica (reglamentada recién en 1992).¹⁰ En ella, se crea un Fondo para la Promoción y Fomento de la Innovación, con una asignación anual de u\$s 20 millones. Esta ley es una suerte de *rara avis* en el actual panorama de política económica, caracterizado por la eliminación de los regímenes de promoción, más que por su creación.¹¹

La ley preveía cuatro mecanismos de promoción: préstamos, créditos fiscales, subvenciones reembolsables sin intereses y mecanismos especiales. En la reglamentación, sin embargo, no se contempló la forma concreta de aplicación de los créditos fiscales, ni se especificó en qué consistirían los llamados mecanismos especiales de fomento. Por otro lado, en la práctica los mecanismos de subvención casi no han funcionado, con lo cual el único de los instrumentos de promoción previstos en la ley que se encuentra operativo son los préstamos.

La ley dispone que los instrumentos de promoción se distribuyan en un 25% para la Nación y un 75% para las provincias y la Capital Federal. Este loable criterio federalista choca, sin embargo, con la inadecuación de los mecanismos de control y seguimiento de los fondos distribuidos a las provincias, hecho que se suma a las dificultades que tienen varias de ellas para aplicar los recursos recibidos a los fines previstos en la ley, debido a la insuficiencia tanto de la oferta como, principalmente, de la demanda por innovaciones tecnológicas en sus respectivas jurisdicciones. Otra cuestión interesante es que las alícuotas de distribución de fondos para cada provincia no se basan en criterios "redistributivos", sino que están en relación directa con el grado de desarrollo de cada jurisdicción.

La única definición sobre quiénes serían los destinatarios de la ley remite a la necesidad de priorizar a las pyMEs y a las microempresas.

¹⁰ En lo que sigue se comentan de manera genérica los mecanismos y figuras legales establecidos por la ley. Más abajo, en la sección correspondiente a financiamiento, se hace una primera evaluación de sus resultados.

¹¹ Debe señalarse que esta ley no fue una iniciativa del Poder Ejecutivo sino del Parlamento.

Asimismo, se mencionan como prioritarios los proyectos que resulten de interés nacional, provincial o de una actividad sectorial, sin especificar cómo o quiénes otorgarían tales calificaciones.

La otra innovación relevante de la ley es la creación de la figura de uv. Estas se definen como entes no estatales constituidos para la identificación, selección y formulación de proyectos de I+D, transmisión de tecnología y asistencia técnica. Según la ley, representan el núcleo fundamental del sistema, aportando su estructura jurídica para facilitar la gestión, organización y gerenciamiento de los proyectos. Hasta el presente, se encuentran habilitadas 31 uv, con diversos orígenes en cada caso.

La concepción de la figura de la uv se basa en diversos fundamentos: a) "flexibilizar" el manejo de los fondos que pueden recibir las instituciones del complejo de CyT, usualmente sujetas a restricciones derivadas, por ejemplo, de la aplicación de la Ley de Contabilidad o de reglamentos internos estrictos; b) superar las dificultades introducidas por la asignación de responsabilidad legal ante probables dificultades o riesgos asociados a la ejecución del proyecto; c) facilitar el contacto entre firmas privadas y organismos de CyT, funcionando como interfase entre la demanda y la oferta tecnológica; d) dar solución a las quejas -provenientes del sector privado- sobre la competencia desleal que realizarían las instituciones de CyT cuando prestan servicios técnicos o de consultoría a terceros;¹² e) reducir la posibilidad de conflictos intrainstitucionales (por ejemplo, choque entre exigencias académicas y obligaciones contractuales para investigadores que intervienen en la vinculación, problemas éticos, etcétera).

Pese a sus potenciales virtudes, en la práctica las uv no han tenido un rol significativo. Hay consenso en señalar factores externos a ellas como causales de esta situación: a) el carácter engorroso de los mecanismos previstos tanto para autorizar el funcionamiento de las uv como para la gestión de préstamos para innovación tecnológica; b) el tradicional desencuentro entre el sector productivo y el complejo de CyT; esto lleva a pensar que las figuras legales por sí solas no resuelven problemas estructurales de larga data.

¹² Las razones de esta queja serían básicamente dos: a) las instituciones públicas subsidian sus aranceles; b) están exentas del pago de impuestos.

3. Secretaría de Industria

Dado que la mayor parte de estos programas son de muy reciente implementación (o todavía están en fase de concreción), aún no es posible analizar sus resultados. Sin embargo, como caracterización general, cabe decir que su inserción institucional suele ser precaria, no cuentan con un financiamiento definido -o bien éste es inestable- y están poco articuladas a iniciativas que están en marcha en otros ámbitos del complejo de CyT.

3.1. Normas, calidad y certificación

En 1994 se dictó un decreto creando el Sistema Nacional de Normas, Calidad y Certificación. Este sistema funcionaría como la instancia de coordinación, ausente hasta el momento, entre los distintos actores vinculados con la cuestión de la calidad en el país. Asimismo, impulsaría la promoción del concepto y las técnicas de calidad -tema poco atendido, a juzgar, por ejemplo, por el escasísimo número de firmas locales que cuentan con certificaciones iso 9000-. Finalmente, a través del facilitamiento de la firma de convenios internacionales de reconocimiento mutuo de las certificaciones emitidas localmente, abarataría el costo de las certificaciones para las pyMEs.

3.2. Sistema de fortalecimiento de las estructuras de apoyo a las PyMEs

Con esta iniciativa se apuntaría a proveer servicios de extensión industrial a partir de las estructuras del INTI -a través del Centro de Información y Estadística Industrial (CIEI)- y del INTA -vía su programa Cambio Rural-. La duración del programa se estima en 18 meses y participarían unas 500 firmas. Se trata de implementar un mecanismo de "autodiagnóstico asistido", que realizarían los propios empresarios con asistencia de consultores del programa, especialmente diseñado para detectar las falencias en cada una de las áreas de la empresa. En el presente, se ha trabajado con un primer tramo de 150 firmas, encontrándose que gran parte de los problemas detectados corresponden a deficiencias en la estrategia comercial y en la organización interna de la empresa (Magariños *et al.*, 1995).

3.3. Programa de Desarrollo de Proveedores (PDP)

El objetivo del PDP es desarrollar -en el sector de las pyMEs industriales- proveedores confiables y eficientes. Esto significa trabajar sobre los encadenamientos productivos de las grandes

empresas, para quienes es más fácil acceder a la aprobación de las exigencias de las normas ISO, promoviendo la modernización integral de las cadenas productivas. Un grupo de firmas grandes (que operan en los sectores automotriz, agroalimentario, textil y siderúrgico) actuarán como promotoras del programa y seleccionarán un conjunto de proveedores, los cuales podrán acceder a créditos y asesoramiento técnico. A su vez, se espera que los proveedores seleccionados actúen a posteriori como referentes y difusores de la tecnología incorporada al resto de la trama de empresas pyMEs. Este programa está en fase de implementación y cuenta con tres módulos: a) calidad; b) diseño industrial; c) reconversión tecnológica, incluyendo tecnologías "blandas".

3.4. Programa trienal de apoyo y fomento a las PyMEs

Se trata de un régimen de equiparación de las tasas de interés dirigido a las pyMEs, que contempla una línea de financiamiento para adquisición de tecnología (véase más abajo).

3.5. Polos productivos

El programa se dirige a identificar regiones, zonas o sectores donde existan posibilidades de implementar acciones de reconversión productiva. A posteriori, se realizan negociaciones con los representantes de los sectores elegidos y se firman acuerdos que implican compromisos de los distintos agentes involucrados (empresas, provincias, municipios, bancos) en busca de mejorar la *performance* exportadora a través de reequipamiento productivo, capacitación laboral, gerencial y comercial, mejoras en diseño, calidad y productividad, etc. El INTI asesora en procesos de reconversión tecnológica, nuevas tecnologías, tecnologías blandas y tipificación y mejoramiento de los bienes producidos y la Secretaría de Industria ofrece apoyo financiero a través de los diversos programas de créditos para PyMEs. Están en marcha o han sido firmados quince acuerdos bajo este programa (con firmas que operan en los sectores de muebles, conserva de frutas, maquinaria agrícola y bienes de capital).

4. Financiamiento a la innovación tecnológica en la industria manufacturera

En contraste con la falta de tradición nacional en la materia, desde comienzos de los años noventa han surgido diversos programas destinados a financiar la modernización tecnológica del parque

productivo doméstico. En general, se trata de fondos reembolsables, a tasas de interés próximas a las de mercado, con fuertes exigencias de garantías, basadas en el principio de costo compartido y sujetas a la aprobación de evaluaciones técnico-económicas. Además, contemplan la participación de los técnicos e investigadores intervinientes en los proyectos en los eventuales resultados positivos a obtener.

A continuación, se analiza el diseño y funcionamiento de las principales líneas en vigencia. Cabe aclarar que, dada la reciente implementación de las mismas, toda evaluación tiene un carácter preliminar.

4.1. Ley de Promoción y Fomento de la Innovación Tecnológica¹³

El primer elemento a destacar es que los recursos asignados al Fondo de Promoción y Fomento de la Innovación Tecnológica han venido siendo entregados con demoras e importantes quitas. Estas irregularidades en la remisión de los recursos debilitan, obviamente, las posibilidades de éxito de los proyectos y de la ley en su conjunto.

Por otro lado, la opinión generalizada de los expertos consultados es que el manejo de los fondos correspondientes a las provincias es, en el mejor de los casos, heterogéneo. En varias jurisdicciones los fondos se destinan a fines distintos de los previstos expresamente en la ley -cuando no pasan a rentas generales y se aplican a usos totalmente ajenos a la cuestión tecnológica-. Esta actitud se explicaría por las dificultades de algunas provincias -las de menor desarrollo productivo- para generar proyectos propios que puedan calificar para las exigencias de la ley.

En contraposición, otras fuentes afirman que, en general, el manejo de los fondos provinciales cumple con los requisitos estipulados. Desde esta posición, se argumenta que la división entre provincias con regular o irregular manejo de los fondos no pasa por el eje del tamaño de su sector productivo, ya que serían la Provincia de Buenos Aires y la Capital Federal las que más tardaron en poner en marcha los mecanismos promocionales establecidos. Asimismo, se señala

¹³ En general, la información básica presentada en este apartado corresponde al estado de situación de los distintos programas hacia fines de 1994.

que a partir de esta ley se ha despertado en algunas provincias el interés por las actividades de CyT.

En tanto, la escasez de los fondos globales lleva a que cada proyecto cuente, consecuentemente, con recursos insuficientes. En este caso, se arriba a "el peor de los mundos", ya que la firma no resuelve su problema tecnológico y además queda endeudada por una suma que, probablemente, no pueda devolver. Ya ha habido casos de firmas que luego de obtener los fondos, debieron declararse en quiebra. Finalmente, cabe decir que no existe información completa con relación al estado de los proyectos aprobados, lo cual obviamente dificulta una evaluación adecuada de la iniciativa.

El total de proyectos aprobados en el marco de la ley es cercano a los 140. De su análisis surgen las siguientes conclusiones: a) no hay un perfil sectorial claro; b) desde el punto de vista del tamaño, predominan claramente las PyMES; c) el número de proyectos presentados anualmente para solicitar fondos es bajo. Esto dificulta la introducción de criterios de selectividad; d) los proyectos generalmente se encuentran mal presentados; e) se trata de proyectos de bajo riesgo tecnológico, que en general consisten en mejoras sobre procesos y productos que ya existen.

Entre las razones que explican el bajo interés de las PyMES por acceder a estos fondos pueden citarse: a) el mecanismo de obtención de fondos es engorroso. Esto es consecuencia de un diseño legal destinado a introducir la máxima seguridad jurídica y económica en la evaluación de los proyectos;¹⁴ b) el sistema de información es inadecuado. En la ley no están previstos fondos para tareas de difusión, lo cual obviamente le resta eficacia; c) los beneficios obtenibles son magros y las condiciones de financiamiento no tan atractivas como para compensar los exigentes requisitos de acceso al préstamo; d) en consecuencia, las firmas pequeñas no recurren al fondo por falta de información, dificultades para cumplir con los requisitos y/o excesivo costo, mientras que las grandes no lo hacen porque pueden conseguir recursos de manera más sencilla y a un costo no necesariamente superior.

¹⁴ Obviamente, éste es un criterio correcto, pero en tanto no dificulte excesivamente el uso de los fondos.

4.2. Programa de Modernización Tecnológica

Se trata de un programa por u\$s 190 millones, financiados con un crédito del BID (U\$S 95 millones) y una contrapartida local aportada por el estado y el sector privado (u\$s 76 y 19 millones respectivamente). Comprende los siguientes subprogramas:

Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR)

El FONTAR -que funciona en la órbita de la Secretaría de Programación Económica y tiene como agente financiero al Banco de la Nación Argentina- se orienta a promover la modernización tecnológica de las empresas locales y apoyar proyectos de instituciones públicas que presten servicios tecnológicos al sector productivo. El monto disponible previsto para los cuatro primeros años es de u\$s 80 millones, estimándose que se financiarán unos 250 proyectos.¹⁵ Los proyectos que consistan meramente en la incorporación de equipos o infraestructura están explícitamente excluidos del programa.

Dado que el comienzo de las operaciones del FONTAR se ha demorado considerablemente, aún no es posible evaluar sus resultados. De todos modos, varios expertos coinciden en que las estrictas condiciones de evaluación de los proyectos y el hecho de que la tasa de interés establecida no tenga características de "promocionalidad", hacen temer por un posible fracaso del programa, teniendo en cuenta las dificultades ya señaladas para el caso de las PyMEs y el hecho de que las firmas grandes pueden conseguir financiamientos análogos en el mercado sin estar expuestas a las evaluaciones previstas en el programa.

Subprograma Innovación Tecnológica SECyT-CONICET

Este Subprograma -que involucra aproximadamente u\$s 86 millones- tiene por objeto vincular los centros de investigación con las empresas productivas y financiar proyectos de desarrollo científico y tecnológico presentados por instituciones públicas del sector. Comprende: a) subvención, con retorno en caso de éxito, a

¹⁵ El FONTAR se constituye con las características de un fondo revolvente, ya que se prevé reutilizar los recursos recuperados para la concesión de nuevos financiamientos.

proyectos de innovación tecnológica efectuados por uv con aval empresario (proyectos de vinculación tecnológica -PVT-); b) subsidio a proyectos de I+D (PID) a cargo de institutos del CONICET, con transferencia inmediata de resultados al sector productivo y evaluación económica positiva.

Recientemente se realizó la primera convocatoria de proyectos en el marco de este programa, encontrándose en marcha el proceso de evaluación. El contraste entre ambas líneas no pudo ser más notable: mientras que para los PID se registraron alrededor de 500 presentaciones -muestra de la notable avidez de fondos que existe en las Instituciones de CyT-, para los PVT sólo se anotaron 7 proyectos. Las consideraciones antes efectuadas para el caso del FONTAR pueden explicar, al menos en parte, el relativo fracaso en la convocatoria de los PVT.

4.3. Fondo de Riesgo Compartido (FRC)

El FRC brinda apoyo financiero a actividades de I+D, transferencia de tecnología y asistencia técnica requeridas por empresas, preferentemente pyMEs, realizadas por institutos o grupos de investigación del CONICET -O jurídicamente relacionados con él-, con administración de las uv. La primera convocatoria se realizó en 1994, sin que se presentara ningún proyecto.

4.4. Programa Trienal de Apoyo y Fomento de la PyME

Este programa busca mejorar las condiciones de acceso al crédito para las pyMEs, mediante un régimen de equiparación de tasas de interés para capital de trabajo, adquisición de bienes de capital y modernización tecnológica. El fisco se hace cargo de 4 puntos porcentuales de la tasa de interés que deban abonar las pyMEs por créditos cuyos cupos se distribuyen por licitación entre las entidades financieras; éstas califican en función de la menor tasa ofertada.

De acuerdo con la información disponible, en los llamados a licitación de fondos destinados a la línea de modernización tecnológica no se había presentado ningún interesado. Esto se comprende en la medida en que la iniciativa está en manos de las entidades financieras privadas, que son las que manejan el destino de los fondos asignados. El hecho es que no existe una adecuada capacidad de evaluación del riesgo tecnológico en dichas entidades, por lo cual son reacias a prestar dinero con esos fines. El fracaso de esta línea contrasta con el hecho de que las destinadas a bienes de capital y capi-

tal de trabajo han resultado relativamente exitosas, al menos en términos de los fondos asignados.

IV. Los años noventa: el INTI

1. Estructura actual

El INTI está compuesto por dos sistemas de unidades técnicas (UT). Uno, llamado de centros de investigación, está formado a través de asociaciones entre el INTI y diversas entidades privadas o públicas. El otro, llamado de Laboratorios Centrales y de Referencia, concentra la prestación de servicios y atribuciones delegadas por parte del estado y realiza una tarea de soporte estratégico para las actividades de los centros. En el presente, el INTI cuenta con 40 UT, de las cuales 31 son centros de investigación que estudian un área productiva específica de directo interés para el sector industrial involucrado.

Los laboratorios centrales se suponen destinados a tareas de mayor complejidad y horizonte temporal desde el punto de vista tecnológico, efectuando desarrollos que no necesariamente son rentables a corto plazo desde la óptica privada. En cambio, en los centros el INTI ingresa como parte asociada a entidades públicas o -principalmente- firmas privadas, que tienen ingerencia en la fijación de objetivos y efectúan aportes financieros. Se trata de unidades más pequeñas, con objetivos acotados y cercanas a la línea de *trouble shooting* en el área industrial. Esta estructura confiere al INTI mayor flexibilidad financiera, dado que la actividad de los centros no es alcanzada por la Ley de Contabilidad de la Nación (Bisang, 1994).

A partir de 1993 el INTI cuenta, además, con ocho delegaciones regionales. En tanto, los centros ATI fueron disueltos, y se creó, en 1993, el CIEI, con una delegación (los Centros de Información PyME -cip-) en cada provincia; en el presente el CIEI cuenta con 31 delegaciones en todo el país.

Además del programa de regionalización de las actividades del INTI, los otros objetivos que estarían guiando a las autoridades en orden a la reestructuración de la institución son el incremento del nivel de autogeneración de recursos y el logro de un mayor acercamiento a las necesidades de la industria, bajo el supuesto de que muchas de las actividades que se realizan actualmente en el INTI carecen de aplicación práctica inmediata.

De los datos disponibles no pueden extraerse conclusiones ciertas sobre la evolución del presupuesto del INTI, ya que se han produ-

cido cambios en la manera de asignar contablemente los recursos destinados a la institución durante los últimos años; consecuentemente, la lectura de las cifras del Presupuesto de la Nación sólo es relevante desde 1987.

Tomando el índice de precios combinados como base para la actualización, surge que a partir de 1987 se produjo un fuerte aumento de los recursos del INTI hasta 1992, estabilizándose en unos u\$s 32 millones desde entonces hasta 1994. En cambio, empleando un índice con ponderación de 85 % para precios minoristas -más adecuado a la composición del gasto del INTI- se concluye que el año de mayor presupuesto fue 1989; los recursos bajan en 1990 y vuelven a elevarse hasta 1992, para descender de nuevo y situarse en 1994 en una cifra apenas 6% superior a la de 1987. A su vez, en el Presupuesto 1995 se contemplaba una reducción fuerte de los recursos del INTI, que bajarían a u\$s 26 millones;¹⁶ éste sería, por gran distancia, el presupuesto más bajo en la serie a precios constantes desde 1987.

En cuanto a ingresos extrapresupuestarios, se estima -no hay cifras oficiales al respecto- que ascienden a cerca de un 10% de los recursos presupuestarios, esto es, unos u\$s 3 millones, de los cuales u\$s 400 mil provienen de las cuotas que aportan los socios privados de los centros; estas proporciones varían entre los distintos centros, en función de factores que se analizan más abajo.

En septiembre de 1994 trabajaban en el INTI cerca de 1.400 personas, de las cuales sólo 975 eran de la planta permanente. Había otros 250 puestos cubiertos por contratos y existían 116 becarios. De la planta permanente, 788 personas ocupaban cargos técnicos. La reducción de personal ha sido muy fuerte desde los 1.860 puestos de trabajo ocupados en 1989, proceso ocurrido fundamentalmente sobre la base de mecanismos de retiro voluntario.

Más allá de las comparaciones internacionales que cabría realizar en orden a evaluar la adecuación o no de los recursos que se destinan al INTI en función del grado y los objetivos de desarrollo industrial de la Argentina, es evidente que lo asignado a CyT para el sector ma-

¹⁶ En 1994 se creó, como desprendimiento del INTI, el Instituto Nacional de Tecnología Minera (INTEMIN). Dado que dicha institución contó en 1994 con un presupuesto de u\$s 4 millones aproximadamente, de hecho podría decirse que en este año hubo una elevación del presupuesto del INTI en una cifra similar.

nufacturero es -en términos proporcionales a su importancia en la generación interna de riquezas- significativamente menor a lo que se destina a agricultura y pesca y minería.¹⁷

En el presente, la edad promedio del personal del INTI alcanza los 42 años. El promedio de antigüedad de los técnicos dentro de la institución es de 15 años, lo cual muestra que gran parte de su formación se ha producido dentro del INTI. Estas cifras contrastan con los datos disponibles para 1984, cuando la edad promedio del personal era de 38 años y la antigüedad promedio de los profesionales y técnicos de 7 años (Valeiras, 1992). Esto muestra: a) un proceso de envejecimiento de la planta de personal; b) la muy escasa incorporación de recursos humanos en los últimos diez años. Asimismo, los mencionados esquemas de retiro voluntario han tenido gran influencia para producir esta tendencia, ya que tienden a generar incentivos para que se retire personal altamente capacitado y de edad intermedia, condiciones que permiten conseguir con relativa facilidad ocupaciones alternativas.

Según una encuesta realizada en 1991, el equipamiento estaba valuado en u\$s 30.000.000 y un 69% del mismo mostraba un nivel de obsolescencia de medio a alto. La situación por sectores de actividad dentro del INTI resultaba desigual; en construcciones, por ejemplo, el grado de obsolescencia era bajo, mientras que en el extremo opuesto aparecían los sectores de agroindustrias no alimentarias y electrónica e informática. Es probable que la situación en materia de equipamiento se haya deteriorado desde aquel momento. En 1993, por ejemplo, la partida "Bienes de Capital" absorbió sólo el 4% del presupuesto de la institución, mientras que para el año 1994 no hubo asignación presupuestaria alguna para dicho fin. En tanto, en algunos centros se nos refirió que no se pueden incorporar nuevos equipos por falta de espacio físico. Como lo indican varios informes, incluso oficiales, la necesidad de reequipar a la institución es urgente.

Otro de los impactos negativos de la falta de recursos ha sido la dificultad para mantener suscripciones de publicaciones internacionales. Una institución donde se hace investigación no puede subsistir eficientemente si su personal no tiene acceso directo al *state of art* a nivel internacional dentro de su campo de conocimiento.

¹⁷ Obsérvese que existen otras instituciones del complejo de CyT que tienen actividades de investigación vinculadas al sector agropecuario, tales como el Instituto Nacional de Semillas o el SENASA.

Comparación entre los recursos monetarios y humanos destinados a asistencia tecnológica para sectores productivos y la participación de cada sector en el PBI, 1994 (porcentajes)

	Recursos monetarios	Recursos humanos	Participación del sector en el PBI (sin incluir servicios)
INTA	73.3	75.6	17.4*
INIDEP	5.8	4.3	—
INTEMIN	2.7	1.0	5.4
INTI	18.2	19.1	77.2"
Total	100.0	100.0	100.0

*El dato sobre participación del sector agropecuario en el PBI incluye el sector pesquero.

**El dato incluye el sector construcción, dado que hay varios centros del INTI dedicados al tema.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Presupuesto Nacional.

En cuanto al tipo de tareas realizadas por el INTI, en el primer semestre de 1994 el 80.7% de las órdenes de trabajo recibidas (que corresponden al 56.5% de los ingresos obtenidos por servicios a terceros) correspondían a análisis y ensayos; el 16.4 % de las órdenes -24.6 % de los ingresos- se referían a servicios de asistencia técnica. Sólo el 2.7 % de las órdenes de trabajo -17 % de los ingresos- provenían de servicios de desarrollo. Esta hiperconcentración en actividades rutinarias no debe sorprender; las instituciones de CyT, acosadas por el ajuste presupuestario, derivan -en este caso, reforzando tendencias pasadas- hacia aquellos servicios que pueden ser vendidos con mayor facilidad.

2. Las relaciones con los usuarios

En el Presupuesto Nacional 1994 se afirma que el INTI cuenta con una cartera de 3.500 usuarios y genera unos 10 mil contratos anuales. En cambio, una publicación de la Secretaría de Industria informa que durante 1993 se celebraron 6.300 contratos con el sector industrial. En todo caso, el número de usuarios parece relativamente bajo al compa-

rarlo con los 110 mil establecimientos industriales relevados durante el último Censo Nacional Económico (1985).

Según Bisang (1994), la definición de los usuarios potenciales de la institución no ha sido clara; en consecuencia, en algunos períodos operó volcada hacia el sector privado -especialmente hacia las PyMEs- y en otros apuntó hacia las empresas estatales. En cambio, permaneció al margen de los avances productivos efectuados por las firmas que lideraron el sector industrial en los años ochenta. En el Informe Amano (véase más abajo), en cambio, se afirma que hasta muy recientemente el INTI, al menos en el Parque Tecnológico Miguelete, se concentró en las 300 firmas líderes para obtener recursos.

De hecho, como ya se mencionó, estos recursos provienen básicamente de la venta de servicios rutinarios, por lo cual se mantiene la afirmación de que el INTI ha estado marginado del progreso tecnológico de las firmas líderes en los últimos años. Por otra parte, una cosa es la participación de las pyMEs en el total de usuarios del INTI, y otra muy distinta es el porcentaje de ingresos extra presupuestarios que aporta dicho grupo de firmas -seguramente menor-.

En una aproximación "impresionista", la imagen del INTI entre los empresarios privados parece ser de regular a mala, a juzgar por las quejas habitualmente recogidas a través de diversas fuentes. Sin embargo, esto no es lo que se desprende de una encuesta a los clientes realizada en 1992 por parte de la División Comercialización de Tecnología del INTI (INTI, 1992). Las respuestas mostraron que: a) la imagen general de la institución era positiva (sólo el 2% de las respuestas expresaba una imagen negativa); b) el nivel de los aranceles era de normal a alto (sólo el 1% de los encuestados opinaba que los aranceles eran bajos); c) la respuesta técnica era considerada de buena a muy buena (sólo el 4% de las respuestas indicaba que la respuesta técnica era inadecuada o insuficiente); d) la utilidad de los resultados para la empresa había sido total o parcial en casi todos los casos (sólo en el 2% de los casos no había existido utilidad para la firma); e) los plazos previstos para ejecución de trabajos eran de razonables a lentos (sólo el 14% de los encuestados opinaban que los plazos eran rápidos); f) en general, los trabajos se ejecutaban sin demoras con respecto al plazo convenido.

Tomando un corte por tamaño de firma, se advierte que la distribución de respuestas en cuanto a imagen general es independiente de la envergadura de la empresa. El corte según asiduidad de contratación muestra que la imagen positiva crece junto con la

cantidad de contratos acordados; lo mismo ocurre con la calidad de las respuestas técnicas y la utilidad de los resultados. Al mismo tiempo, los clientes que más contratan con el INTI expresan mayor cantidad de quejas por demoras y lentitud de los plazos de ejecución previstos. En cuanto al tipo de vinculación establecida con el INTI, son abrumadoramente mayoritarios los clientes que hacen consultas técnicas o, principalmente, encargan órdenes de trabajo para la realización de ensayos, por sobre los que contratan desarrollos o asistencia técnica.

3. La actividad de las unidades técnicas

La actividad y el desempeño de las diferentes unidades técnicas que conforman el INTI no son en modo alguno homogéneos. Más allá de los obvios sesgos que introducen el sector o área del conocimiento en los que operan, su tamaño, etc., existen diferencias importantes en cuanto a la orientación predominante en sus actividades, que dependen de factores tales como la personalidad de sus integrantes, las relaciones establecidas con los usuarios y socios, etcétera.

Así, por ejemplo, el CITSAFE tiene como actividad predominante el extensionismo. Otros centros -CIT, CITENEM, CITEC, CICELPA, entre otros- han incorporado a su oferta la realización de estudios de mercado, capacitación laboral, control de gestión, medio ambiente, calidad, etc., extendiendo su operatoria más allá de la dimensión puramente ingenieril. En tanto, en 1978 se creó un grupo de Garantía de Calidad, que comenzó a trabajar en capacitación de recursos humanos y aseguramiento de calidad, transformándose en una División Garantía de Calidad.

El desempeño de los centros no sólo es distinto por la orientación de sus actividades; indicadores tales como ingresos extra presupuestarios o la imagen que tienen los clientes de cada uno de los centros por separado muestran importantes variaciones.

Un factor relevante en la diferenciación del desempeño por centros es la vinculación que haya establecido cada uno con el sector industrial al cual dirige sus actividades. Así, parece haber centros con un Comité Directivo muy dinámico, con participación activa de los socios privados, y que son vistos como lugares aptos para acudir en orden a resolver problemas tecnológicos no rutinarios; en otros casos, esto no parece ocurrir del mismo modo.

Un tema importante en este sentido es el *marketing* que hagan los

centros de sus capacidades. En muchos casos esta actividad parece estar subdesarrollada, mientras que en otros se realiza de modo más eficiente. Sin embargo, cabe aquí citar una de las tantas contradicciones que surgen alrededor del tema de la vinculación entre el complejo de CyT y el sector productivo. En Varotto (1993) se hace notar que en el caso del Centro de Investigación de Materiales y Metrología (CIMM) -al cual está dedicado dicho estudio- el realizar una actividad de propaganda de los trabajos realizados -lo que forma parte de algo así como el *curriculum* del centro- confirma el temor de los empresarios privados sobre la falta de confidencialidad de los trabajos que allí se encargan.

4. Evaluaciones externas

En los últimos años se han realizado dos evaluaciones externas del funcionamiento del INTI. La primera correspondió a una misión de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, que visitó la institución en 1984 (Nayudamma y Mariwalla, 1984) y la segunda fue realizada por el ingeniero Hiroshi Amano, enviado por la Japan International Cooperation Agency a solicitud de las autoridades del INTI.

El llamado Informe Amano (Amano, 1990-1993), que de hecho consiste en una serie de conferencias y de memorándums preparados para la dirección del INTI, contiene un diagnóstico de la situación del INTI y, principalmente, una serie de sugerencias para mejorar su funcionamiento y elevar su utilidad para el sector industrial doméstico.

Para Amano, el esquema organizacional del INTI dificulta el desarrollo de conocimientos en tecnologías horizontales o funcionales, tales como diseño, tecnología de procesos y manufactura, etc. La mayor parte de los centros está especializado por tipo de industria o área científica, con la consecuente distribución de los recursos humanos -escasos- en forma fija entre las distintas áreas, lo cual imposibilita seguir flexiblemente el proceso de cambio tecnológico a nivel internacional. Otro factor que dificulta el desarrollo de tecnologías horizontales es la excesiva independencia de los centros, que, además, lleva a la superposición de actividades.

Una segunda área crítica es la de personal, donde se carece de un sistema objetivo de evaluación del desempeño de investigadores y técnicos. La mayor parte del personal es especialista en su área particular, lo cual dificulta la realización de actividades multidisciplinarias

y el trabajo cooperativo. Si bien en parte puede haber un trasfondo cultural detrás de este fenómeno, la razón principal es la falta de conocimiento y de práctica de métodos modernos de administración de proyectos. Otro problema es el retiro de personal capacitado, fenómeno derivado de los bajos salarios, el ambiente laboral poco propicio y la falta de objetivos claros como organización.

El INTI carece de conocimiento y capacidad para las tecnologías de producción y posee aptitudes limitadas para actividades de desarrollo de tecnología. Las actividades de investigación han sido llevadas a un mínimo en el último período debido a la concentración de los recursos humanos en tareas de ensayos y análisis. Esto disminuye la efectividad de la asistencia técnica que se brinda a la industria -por falta de experiencia directa del personal en los temas a resolver-, desmotiva al personal más capacitado -que no quiere concentrarse en tareas rutinarias- y dificulta la posibilidad de monitorear las investigaciones que se realizan en otras instituciones. Por otra parte, el INTI no ha tenido un rol activo en proveer asistencia tecnológica a las PyMEs en áreas claves para su desarrollo, tales como diseño, calidad y productividad. A su vez, la concentración de actividades en el Parque Tecnológico Miguelete restringe el área efectiva de actuación del INTI a las industrias del Gran Buenos Aires.

En función de este diagnóstico, Amano realizó un conjunto de recomendaciones: a) concentrar los recursos en un menor número de unidades y, al mismo tiempo, expandir los centros "horizontales" (diseño, manufactura, control y automatización, *management*, etc.); b) diseño de un sistema de salarios basado en reglas objetivas (comprensión de áreas multitécnicas, contribución al trabajo en equipo y capacidades de manejo y control) y evaluación de los jefes según el nivel de motivación y desarrollo personal que logran inculcar a los miembros de su equipo y por el logro de excelencia técnica en todo el grupo de trabajo, más que por el volumen de la facturación; c) captar gente joven para la institución, no sólo a través de salarios adecuados sino con tareas atractivas. Las actividades de ensayo y análisis no deben superar el 50% del total de horas-hombre de la institución; d) mejorar la comunicación intercentros, impulsando la formulación de proyectos de investigación cooperativos e interdisciplinarios y estimular la rotación del personal entre los distintos centros; e) impulsar las tareas de investigación y la publicación de informes a partir de aquéllas. La asistencia técnica efectiva sólo puede ser dada a través de la experiencia directa del personal en la materia y no por transferencia de información técnica o por leer la

literatura disponible. Los temas de investigación deben vincularse con las reales necesidades de la industria y estar concentrados en pocas áreas; f) si bien la principal fuente de financiación debe ser el gobierno nacional, es preciso aumentar la participación de los gobiernos provinciales. En cuanto a la autofinanciación, tiene algunos lados cuestionables. Por un lado, la venta de servicios arancelados implica que los usuarios del INTI serán las firmas medianas y grandes, que pueden pagar por dichos servicios. Por otro, perseguir la autofinanciación y, simultáneamente, el incremento del nivel tecnológico de las actividades del INTI son objetivos contradictorios. En cuanto al sistema de socios particulares, tampoco parece recomendable porque se pierde independencia de operación.

Por otro lado, en la literatura reciente pueden hallarse algunas observaciones relevantes sobre el desempeño del INTI, especialmente en el trabajo de Bisang (1994). Un primer punto importante es que, como consecuencia de la diversidad de objetivos y actividades antes señalada, la institución efectúa simultáneamente: a) actividades de cierta excelencia asociadas a la producción privada (metrología, ensayos, etc.); b) tareas de investigación básica de algunas tecnologías; c) difusión de tecnología. El cumplimiento eficiente de tareas tan diversas habría requerido diferentes tipos (y formas organizacionales) de institución.¹⁸

En tanto, los distintos objetivos compiten entre sí por la restricción presupuestaria. La creciente escasez de fondos genera obvias tensiones en torno a la asignación de recursos en el interior de la institución, la resolución de las cuales necesariamente demanda un sistema de arbitraje interno y de evaluación de alternativas.

Las características de la organización institucional del INTI explicarían, para Bisang, las siguientes tendencias: a) la existencia de ten-

¹⁸ En una reciente publicación institucional (INTI, 1993), las funciones del INTI se (auto)definen del siguiente modo:

Realizar más de 3.000 tipos de análisis y ensayos, efectuar desarrollos para generar y adaptar tecnologías apropiadas y trabajar junto a las empresas o institutos del país y del exterior, en tareas de investigación tendientes a mejorar u originar nuevos productos y procesos de elaboración de materias primas y subproductos [...], certificar productos industriales, intervenir en la implementación de la normalización industrial y llevar a cabo programas especiales que en particular incrementen o diversifiquen las exportaciones del país [...] o tiendan a la preservación del medio ambiente.

Como se observa, la excesiva amplitud de objetivos permanece presente.

siones entre los centros y los departamentos a la hora de utilizar equipos y asignar presupuestos; b) la magnitud del peso administrativo respecto de las actividades específicas del INTI; c) la escasa capacidad de reacción ante cambios en la demanda proveniente del sector industrial; d) la superposición de tareas respecto a iniciativas efectuadas por otras instituciones.

Por otro lado, la estructura geográficamente centralizada de la institución es coherente con los objetivos de brindar *in situ* una serie de servicios y/o de efectuar algunos desarrollos básicos; en cambio, si se pusiera mayor énfasis en la difusión de tecnología, la estructura óptima pasaría por un organismo más pequeño, descentralizado y con menores inversiones en activos fijos.

Oteiza (1992) agrega una consideración importante, al distinguir entre capacidad técnica -acumulada efectivamente en el INTI- y capacidad técnico-económica, de la cual la institución carece. Evidentemente, la falta de capacidad para evaluar costos de proyectos, valor de las tecnologías transferidas, etc., dificulta enormemente la actividad de transferencia y comercialización de tecnología.

5. Conclusiones

Pese a los serios problemas antes detallados, el INTI cuenta aún con una serie de activos que pueden ser usados provechosamente con el objetivo de contribuir al progreso tecnológico del sector manufacturero doméstico:

a) existen capacidades técnicas acumuladas con amplia experiencia y conocimientos sobre un conjunto de problemáticas vinculadas al sector industrial en la Argentina. En lo esencial, estas capacidades están corporizadas en los recursos humanos que trabajan en el INTI. Asimismo, en un panorama de general deterioro, algunos "nichos" de la institución cuentan -generalmente gracias a convenios internacionales- con equipamiento moderno que es único dentro del país;

b) pese a la desmoralización predominante en el personal de la institución, la falta de dirección clara por parte de las sucesivas autoridades y el deterioro del presupuesto y las remuneraciones asignadas, en algunas unidades técnicas -y como producto esencialmente de la voluntad personal de sus jefes e investigadores- se ha logrado generar una adecuada capacidad de respuesta a las demandas del sector industrial; para esto ha sido condición necesaria que la contra-

parte empresaria haya advertido en el respectivo centro un lugar confiable al cual acudir para resolver sus necesidades;

c) en muchos casos, estos centros han incorporado funciones que exceden la problemática puramente ingenieril, para avanzar hacia una concepción más integral de la asistencia tecnológica, incorporando servicios tales como estudios de mercado, capacitación del *management*, control de gestión, sistemas de calidad, etcétera.

En tanto, la convergencia de dos procesos -el recorte presupuestario y la ausencia de una orientación clara y estable por parte de las sucesivas direcciones del organismo- han llevado a una situación en la cual:

d) cada centro orienta sus actividades de modo totalmente autónomo. Si bien en la propia constitución de la figura de centros estaba previsto un alto grado de autonomía, ello suponía un compromiso fuerte del sector industrial en su dirección y financiamiento. Como ello no ha ocurrido, quedan sólo las desventajas derivadas de la excesiva autonomía: dificultad de realizar labores interdisciplinarias, duplicación de tareas y esfuerzos, etcétera;

e) en esta situación de "deriva" en la que se han encontrado los centros en el último período, cada uno ha elegido diversas alternativas para sobrevivir. Así, algunos han priorizado la provisión de servicios de rutina en laboratorios, otros han incorporado dimensiones extensionistas, mientras que en ciertos casos se ha ido generando una situación de inactividad;

f) el principal activo de una institución de estas características -sus recursos humanos- se ha ido degradando paulatinamente. El personal de edad intermedia altamente capacitado ha emigrado del INTI, hecho que si bien contribuye a la mejora tecnológica en el sector industrial doméstico -en tanto ése haya sido el destino de dicho personal- implica una ruptura en la cadena de aprendizaje dentro de la institución. En la medida en que no se incorpora personal nuevo que se forme y permanezca en el INTI, las capacidades técnicas acumuladas en el personal más antiguo se perderán, y el esfuerzo realizado para adquirirlas se habrá dilapidado;

g) la moral del personal que permanece en la institución es baja. De hecho, la mayor o menor actividad desplegada por los distintos centros es función en buena medida de la personalidad de quienes los dirigen. En este contexto, una posibilidad es refugiarse en la inactividad, o bien dedicarse -clandestinamente- a actividades que redundan en un beneficio personal para el investigador. Uno de los pocos estímulos para permanecer en el INTI han sido los cursos de capacita-

ción a los cuales se podía acceder vía cooperación internacional, pero aquí existe el peligro¹⁹ de que una vez que el personal adquiere calificaciones superiores, se retire de la institución en búsqueda de una remuneración acorde con su formación técnico-académica;

h) pese a los argumentos que surgen desde la teoría económica ortodoxa, en el actual contexto de mayor competencia en el mercado doméstico las firmas no están recurriendo en mayor medida que en el pasado a los servicios que puede prestarles el INTI. Además de los factores generales ya señalados, cabe agregar que si bien la imagen del instituto no parece ser mala entre sus clientes, hay que recordar que abrumadoramente tales clientes se vinculan con el INTI por servicios rutinarios. Que ellos tengan confianza en los ensayos y análisis del INTI no implica que dicha confianza se traslade a la posibilidad de que allí encuentren soluciones para sus problemas de productividad, calidad, diseño, etc., que pueden estar aquejándolos.

Desde el gobierno nacional parece prestarse escasa prioridad a esta institución. Además del ya secular desbalance entre los recursos asignados al INTI con los que tienen otras instituciones como el INTA, en el Presupuesto 1995 se contemplaba una fuerte reducción de los recursos del INTI, mientras que se incrementaba la dotación de recursos del INTA, el INIDEP y de otras instituciones del complejo de CyT.

En tanto, en un intento por generar mecanismos que tiendan a resolver algunos de los problemas planteados, se ha implementado una reorganización general de la estructura del INTI. Se ha creado el cargo de Gerente General de Tecnología, con cuatro gerencias de área bajo su mando: a) de promoción y transferencia; b) de asistencia sectorial y regional -incluye el sistema de centros-; c) de desarrollo tecnológico; d) de laboratorios de referencia y calidad. La cobertura de estos cargos se realizó mediante un concurso internacional.

Más allá de los efectos positivos que puedan surgir del proceso de reorganización y de las indudables capacidades de quienes han sido seleccionados para cubrir los nuevos cargos gerenciales, hará falta una definición clara acerca de los objetivos del INTI y una consecuente concentración de esfuerzos en dicha dirección, como único modo de

¹⁹ Ciertamente, en tanto el personal no emigre hacia el exterior-o hacia actividades ajenas a su carrera por no encontrar ocupación profesional-, se trata de todos modos de recursos humanos que contribuirán desde el sector privado a mejorar los servicios tecnológicos con los que cuenta el sector industrial.

revertir la actual degradación que sufre el organismo. Esta reconversión sólo será exitosa en la medida en que la industria doméstica quiera -y pueda- optar por un sendero de expansión que otorgue mayor importancia al acervo tecnológico como variable clave para enfrentar los desafíos de la competitividad.

Asimismo, el permanente ajuste presupuestario no contribuirá ciertamente a que las actividades del INTI mejoren su perfil y su grado de eficiencia. Si es plausible impulsar una mayor articulación con el sector productivo, que derivaría en una mejor comercialización de los servicios del INTI, pretender un margen importante de autofinanciación, al menos en el corto y mediano plazo, es sencillamente condenar a la institución a desaparecer, dada la escasa valorización que hacen los empresarios locales de la variable tecnológica.

V. Reflexiones finales

La actual administración ha buscado estimular la modernización tecnológica y la mejora de la competitividad del sector manufacturero doméstico. El pilar básico de la estrategia oficial en dirección a este objetivo ha sido la apertura de la economía a los flujos internacionales de comercio, capital y tecnología. Ante el escenario de mayor competencia en el mercado doméstico, las firmas se ven forzadas a mejorar la productividad y calidad de sus procesos y productos, lo cual supone en muchos casos la necesidad de adoptar innovaciones tecnológicas. Teniendo en cuenta que la frontera tecnológica está ubicada en el mundo desarrollado, parece lógico estimular a las empresas a recurrir a dicha fuente. Impulsar la generación endógena de activos tecnológicos sería una vía larga, costosa y menos eficiente de impulsar la modernización tecnológica del parque productivo doméstico, más aún en un contexto de apertura comercial rápida, como la que impulsó el actual gobierno.

De aquí se puede concluir que el actual gobierno ha abrazado, una vez más en la historia argentina, el *laissez faire* en materia tecnológica, pero esta vez en una versión más coherente desde el punto de vista conceptual, basada en las tradiciones neoclásicas tanto en lo que hace al rol de las políticas públicas como en el tratamiento de la cuestión tecnológica.

En este marco, se ha privilegiado claramente la adquisición de activos tangibles -bienes de capital- por sobre los intangibles -tecnología desincorporada-; la adopción de un arancel cero para la importación de

bienes de capital constituyó, en ese sentido, una definición estratégica. De todos modos, también se ha estimulado abiertamente la importación de tecnología desincorporada. Se han eliminado casi todas las regulaciones sobre el ingreso de IED y se completó la liberalización del régimen de transferencia de tecnología, que desde 1977 ya estaba casi totalmente desregulado.

La incorporación de activos tecnológicos externos es una base indispensable para cualquier política de modernización en un país en desarrollo. Sin embargo, por sí solos estos activos resultan insuficientes, ya que la tecnología no es un bien perfectamente codificable y transferible, por lo que su adquisición y adecuada utilización por parte de las firmas locales es un proceso largo y costoso, que supone grandes esfuerzos endógenos y ciertas condiciones exógenas que favorezcan tal propósito.

En algunos segmentos de la administración pública parece haberse percibido la necesidad de introducir instrumentos que atiendan a esta otra dimensión del proceso de cambio tecnológico. A nuestro juicio, se trata de un conjunto de iniciativas que, más allá de las buenas intenciones de quienes las promueven, tienen serios problemas de diseño, carecen de objetivos claros, involucran recursos muy pequeños, están escasamente articuladas entre sí y no forman parte de un programa coherente de desarrollo de capacidades tecnológicas locales. De ahí que, en los hechos, no alcanzan a alterar el *laissez faire* tecnológico, que continúa siendo la piedra angular que caracteriza la política gubernamental en la materia.

Pese a este juicio global, vale la pena señalar que existen elementos positivos dentro de las iniciativas examinadas. La Ley de Promoción y Fomento a la Innovación Tecnológica no sólo es importante por crear, por primera vez en la Argentina a nivel del gobierno nacional, un fondo destinado a financiar actividades de innovación tecnológica, sino que introduce además una nueva figura, la unidad de vinculación, destinada a acercar a la desavenida pareja conformada por el complejo de CyT y el sector productivo. Además, se han puesto en marcha algunas iniciativas adicionales de financiamiento, entre las cuales el Programa de Modernización Tecnológica aparece jugando un rol clave.

No sólo se han flexibilizado, a través del mecanismo de unidades de vinculación y de cambios en los reglamentos internos de algunas instituciones, las cuestiones atinentes a manejo de fondos y tiempos de los investigadores, sino que también se han introducido algunos incentivos explícitos a la actividad de investigación, por ejemplo en el sistema universitario. Desde la Secretaría de Industria, en tanto, se

están introduciendo algunas iniciativas, de resultados todavía inciertos, que apuntan hacia objetivos esencialmente correctos, tales como desarrollo de proveedores, promoción de la calidad y la normalización, extensionismo industrial, etcétera.

Ahora bien, el problema es que no se trata de una actitud orgánica y consistente de parte del estado nacional hacia la cuestión tecnológica. Los instrumentos promocionales carecen de articulación interna y con el resto de las políticas económicas en vigencia. De hecho están subordinados a las políticas de ajuste y en caso de conflicto son abandonados y/o modificados. Por otro lado, además de los problemas -ya antiguos- de descoordinación de las diversas instancias que componen el complejo de CyT, la falta de objetivos claros que afecta a la mayor parte de sus instituciones no necesariamente será resuelta por las reestructuraciones en marcha.

Los mecanismos promocionales no están exentos de problemas, especialmente para las PyMEs, sector que no sólo tiene dificultades para sortear las exigencias en materia de garantías, por ejemplo, sino también para generar proyectos que atraviesen las exigentes evaluaciones previstas. Parece primar un criterio de evitar todo componente promocional en la instrumentación de las políticas tecnológicas, en favor de una aproximación más cercana al "mercado". Si bien esto podría ser plausible en economías altamente desarrolladas, en un país sin tradición en la materia parece un sendero que difícilmente pueda consolidar una nueva actitud de los productores en relación con la incorporación de tecnologías intangibles.

En consecuencia, si una situación de doble desarticulación ha caracterizado la historia argentina en la materia -desarticulación entre complejo de CyT y sector productivo y desarticulación en el interior del propio complejo de CyT-, no parece que los instrumentos puestos en juego por el actual gobierno vayan a alterar sustancialmente este panorama. Peor aún, el eventual fracaso de las iniciativas lanzadas tanto por el gobierno como por las propias instituciones del complejo puede llevar a una degradación del tema de la política tecnológica y reafirmar el convencimiento de quienes niegan que tenga sentido que el estado juegue papel alguno en la materia.

Aunque plantear una política tecnológica distinta obviamente excede los alcances de este trabajo, a la luz del diagnóstico previo es posible hacer algunas observaciones al respecto. Actuar decididamente sobre la demanda tecnológica, para transformarla de latente en efectiva, y revertir las serias fallas de diseño y coordinación en la oferta del complejo de CyT, tratando de definir una estrategia tecnológica

de mediano y largo plazo para competir en una economía abierta, deberían ser los ejes centrales sobre los cuales comenzar a estructurar una política tecnológica para el sector manufacturero en la Argentina.

En teoría, la mayor presión competitiva y la disponibilidad de maquinaria y equipos modernos deberían estimular los esfuerzos tecnológicos de las firmas locales. Sin embargo, teniendo en cuenta que el proceso de generación de activos intangibles tiene un carácter prolongado, riesgoso e impredecible, es difícil -no sólo en el caso de las pymes, sino incluso en muchas grandes firmas- que este proceso tenga lugar sin políticas sectoriales activas, en las que se utilicen instrumentos de política comercial, industrial y tecnológica. En otras palabras, la política tecnológica debe formar parte integral de las políticas sectoriales, tal como ha ocurrido en experiencias exitosas de desarrollo (Japón, Corea, etcétera).

Además de introducir la cuestión tecnológica en el régimen automotriz -a pesar de sus problemas de diseño e implementación, la política sectorial más articulada de esta administración- y de formular una política industrial y tecnológica para impulsar algunos segmentos de la industria de bienes de capital, se debería lograr un consenso acerca de qué otros sectores de la industria manufacturera (incluyendo la agroindustria) ameritan políticas sectoriales y, a partir de ello, crear espacios apropiados para que las firmas comiencen a asignar recursos para generar activos intangibles que complementen los que provienen de fuentes extranjeras.

En lo que respecta a políticas horizontales, es central fortalecerlas a través de una tarea sistemática de concientización y difusión en torno de las temáticas de la innovación tecnológica y la calidad. Esto implica: a) mejorar los sistemas de difusión de las iniciativas existentes; b) diseñar programas y mecanismos de vinculación y financiamiento sobre la base de un conocimiento más preciso de las demandas tecnológicas efectivas del empresariado doméstico; c) introducir mecanismos alternativos en el diseño de las políticas de promoción de la innovación tecnológica; por ejemplo, en reemplazo de garantías y avales muchas veces difíciles de conseguir, o de escrutinios minuciosos de los balances empresarios, se podría pensar en mecanismos de *quid pro quo*, basados en compromisos claros y fácilmente comprobables por parte de las firmas, para lo cual, obviamente, hace falta un mecanismo de contralor eficiente. En otras palabras, se trata de reemplazar la excesiva preocupación por el recupero de los préstamos por un criterio donde tenga un mayor peso el uso que las firmas harán de ese dinero y las externalidades que de allí se derivarán.

En la medida en que estas acciones sobre la demanda empiecen a rendir sus frutos va a resultar más fácil alcanzar una mejor articulación de la oferta y definir más precisamente una estrategia tecnológica de mediano y largo plazo. De todas formas, resulta imprescindible mejorar los mecanismos de coordinación intra-complejo, delinear objetivos claros para las instituciones que lo componen, promover mecanismos de evaluación externa -que den señales objetivas del desempeño de las distintas instituciones en función de los objetivos fijados-, hacer consistentes los incentivos en orden a estimular las actividades de transferencia, no descansar en el mecanismo del autofinanciamiento -que no es otra cosa que un espejismo en las actuales circunstancias- y proveer de recursos suficientes para que las instituciones desarrollen sus tareas y retengan -y atraigan- al personal capacitado. Estos son algunos de los aspectos que podrían contribuir a mejorar la calidad de la escasa oferta tecnológica existente.

Bibliografía

- Adler, E. (1987), *The power of ideology. The quest for technological autonomy in Argentina and Brazil*, Berkeley, University of California Press.
- Amano, H. (1990-1993), "Informe Amano", mimeo, Buenos Aires.
- Azpiazu, D., Basualdo, E. y Nochteff, H. (1988), *La revolución tecnológica y las políticas hegemónicas*, Buenos Aires, Legasa.
- Bisang, R. (1994), "Industrialización e incorporación del progreso técnico en la Argentina", Documento de Trabajo No. 54, Buenos Aires, CEPAL.
- Bisang, R. (dir.), Bercovich, N., Chprintzer, A. y Ramos, A. (1994), "Las actividades de investigación en las universidades nacionales", Buenos Aires, CENIT, Proyecto PNUD ARG/93/026, mimeo.
- Caldelari, M., Casalet, M., Fernández, E. y Oteiza, E. (1992), "Instituciones de promoción y gobierno de las actividades de investigación", en Oteiza, E. (dir.) (1992).
- Chudnovsky, D. (1985), "La transferencia internacional de tecnología y las empresas transnacionales", Buenos Aires, CET/IPAL, D/85/e.
- Chudnovsky, D., López, A. y Porta, F. (1992), "Ajuste estructural y estrategias empresariales en la Argentina. Un estudio de los sectores petroquímico y de máquinas herramientas", Buenos Aires, CENIT, Documento de Trabajo No. 10.
- Chudnovsky, D., López, A. y Porta, F. (1995), "Más allá del flujo de caja. El boom de la inversión extranjera directa en la Argentina", en *Desarrollo Económico*, No. 137, Buenos Aires.
- INTI (1992), *Encuesta a clientes. Imagen del INTI*, Buenos Aires, INTI.
- INTI (1993), *INTI. La herramienta para el cambio*, Buenos Aires, INTI.
- Katz, J. y Bercovich, N. (1993), "National systems of innovation supporting

technical advance in industry: the case of Argentina", en Nelson, R. (ed.), *National Innovation Systems. A comparative analysis*, Nueva York, Oxford University Press.

- Magariños, C, Díaz Pérez, J. L. y Sierra, P. (1995), "Política industrial en los años '90", *Boletín Informativo Techint*, No. 282, abril-junio, Buenos Aires.
- Matera, R. (1992), *Desafío aceptado*, Buenos Aires, SECyT.
- Nayudamma, Y. y Mariwalla, K. (1984), "High-level advisory service to the Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Final Report", mimeo, Viena.
- Nívoli, M. (1989), "Balance de la experiencia de la Oficina de Transferencia de Tecnología (CONICET, Argentina)", en *Revista de Derecho Industrial*, No. 31, Buenos Aires.
- Nívoli, M. (1992), "Comercialización de resultados de la investigación en la Argentina", *Revista de Derecho Industrial*, No. 40, Buenos Aires.
- Nochteff, H. (1994), "Patrones de crecimiento y políticas tecnológicas en el siglo xx", en *Ciclos*, vol. iv, No. 6, Buenos Aires.
- Oteiza, E. (1992), "Introducción", en Oteiza, E. (dir.), *La política de investigación científica y tecnológica argentina*, Buenos Aires, Centro Editor de América Latina.
- SECyT (1995), *Indicadores de Ciencia y Tecnología de la República Argentina de los años 1993 y 1994*, Buenos Aires, SECyT.
- Valeiras, J. (1992), "Principales instituciones especializadas en investigación y extensión", en Oteiza, E. (dir.), *op. cit.*
- Varotto, C. (1993), "Hacia un nuevo rol para los institutos de tecnología industrial en los países en desarrollo. Estudio de un caso especial: Centro de Investigación de Materiales y Metrología (Sistema INTI), de la ciudad de Córdoba, República Argentina", mimeo.



La construcción institucional de la política científica y tecnológica en el franquismo*

Luis Sanz Menéndez**

Para comprender la situación actual de la investigación científica y del desarrollo tecnológico en España es un requisito necesario explorar la herencia institucional y organizativa de la posguerra española, resultado de batallas y procesos políticos que se produjeron dentro del régimen franquista. Desde este marco el presente artículo pretende hacer una breve revisión de la historia reciente, de algunos hechos y aspectos de las actividades de investigación científica y el desarrollo técnico en España, pero sobre todo de las acciones del estado con relación a los mismos. Se comienza por la primera manifestación de intenciones del nuevo régimen en relación con la ciencia, plasmada en la constitución del csic, cuya organización y funciones le otorgarán un papel clave en el sistema español de I+D. Luego se aborda la etapa de crecimiento económico y de los planes de desarrollo y el papel que se pretendía otorgar a la investigación y a la tecnología en el desarrollo español. Finalmente, a través de esta descripción se llega hasta el comienzo de la transición a la democracia.

Investigar las características y la situación de la investigación y el desarrollo tecnológico y explicar la política científica y tecnológica en la España de los ochenta exige realizar una incursión en el pasado reciente. Para comprender la situación actual de la investigación científica y del desarrollo tecnológico en nuestro país es un requisito necesario explorar la herencia institucional y organizativa de la posguerra española, resultado de batallas y procesos políticos que se produjeron dentro del régimen franquista.

Con anterioridad se ha afirmado que los procesos de organización y de funcionamiento que caracterizan a las actividades políticas en favor de la investigación poseen algunas propiedades, tales como su *fuerte sensibilidad a las condiciones de origen* y la existencia de

* Este trabajo corresponde a un capítulo del libro *Estado, ciencia y tecnología en España: Ideas, intereses e instituciones*, que será publicado por Alianza Editorial.

** Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de Estudios Sociales Avanzados.

trayectorias de desarrollo dependiente del pasado. Al mismo tiempo se ha señalado cómo, a partir de *coyunturas críticas*, se producen procesos de *irreversibilización* organizativa e institucional. Son, por tanto, razones de tipo teórico también las que recomiendan el análisis histórico del proceso de surgimiento, consolidación y desarrollo de los organismos e instituciones políticas relacionados con la ciencia y la tecnología.

El sistema ciencia-tecnología que los reformistas, en los años ochenta, querían *transformar* era el resultado de adaptaciones y desarrollos producidos en las décadas anteriores, acumulados a partir de un momento primigenio, de un instante de cristalización inicial; coyuntura crítica que, en lo que se refiere a los orígenes de la política científica y tecnológica, se puede situar en la posguerra española.

Se sostiene, pues, que el reciente desarrollo científico-tecnológico español tiene un origen identificable en el final de la guerra civil y, sobre todo, en la inmediata posguerra, período en el que se constituirán un conjunto de actores aún hoy esenciales, como el CSIC, la JEN O el INTA, así como las reglas básicas de funcionamiento del sistema I+D y, en un proceso incubado más lentamente, las instituciones políticas responsables de la ciencia y la tecnología. Esas instituciones y organizaciones servirán para moldear algunos patrones de conducta de los protagonistas (actores y operadores) de la investigación científica y del desarrollo tecnológico durante las décadas posteriores.

Existen también algunas características generales de esos años cuyo conocimiento resulta imprescindible para comprender la estructura de oportunidades que los diversos actores afrontaron, entre ellas destacan el aislamiento político o la autarquía económica. Sin embargo, la interpretación que aquí se realiza, aun aceptando la importancia de los condicionantes que el ambiente introducía, insiste en destacar la contingencia de los resultados finales. En este mismo sentido, hay que afirmar que las características y propiedades del sistema de I+D, o las estrategias de los actores, no son la consecuencia del espíritu absoluto que se desarrollaba para hacer del franquismo la forma de estado más coherente para el capitalismo dependiente.¹

¹ Se explicita este planteamiento, dado que en los trabajos que analizan el desarrollo científico-tecnológico español abundan las interpretaciones construidas sobre la necesidad de los desarrollos que se produjeron y sobre la coherencia general de la situación científico-técnica con el modelo de "desarrollo dependiente". Un ejemplo característico de los problemas que genera una explicación construida sobre hipótesis fuertes basadas en la teoría de la dependencia puede encontrarse, por

Frente a las grandes tendencias, la argumentación que aquí se hace afirma la importancia de acontecimientos concretos, de *pequeños hechos* que se convertirían en elementos decisivos en la formación del entorno particular que caracterizó al proceso de (re) construcción del sistema español de I+D. Para comprender y explicar los resultados es necesario, a veces, llamar la atención sobre *hechos aleatorios* (por ejemplo, el encuentro y la amistad desarrollada durante los meses de encierro en una embajada latinoamericana en el Madrid de la Guerra Civil entre Albareda -secretario general del csic desde su creación en 1939 hasta su muerte en 1966- e Ibáñez Martín -ministro de Educación desde 1939 a 1951—); sobre las *estructuras institucionales heredadas* contra las cuales el nuevo régimen pretendía luchar (como fue la presencia en la vida intelectual española de la Institución Libre de Enseñanza y de la Junta para la Ampliación de Estudios); sobre las *capacidades organizativas* que se habían desarrollado en el seno del estado (como por ejemplo fue, desde la Primera Guerra Mundial, el desarrollo de las denominadas comisiones de movilización, que compuestas por militares con formación técnica, ingenieros navales especialmente, establecían las posibilidades industriales y tecnológicas de las empresas españolas para su uso en caso de guerra); o sobre las *batallas políticas* que se produjeron, por el control del estado nuevo, entre las diferentes familias que habían apoyado la insurrección de los militares golpistas contra el orden constitucional republicano.

Como es natural, esto no significa negar el papel que otros aspectos derivados de la situación económica y política general tuvieron, a la hora de orientar las preferencias de los actores y de condicionar sus elecciones. Por ejemplo, la destrucción física del capital humano, de las infraestructuras o, en general, los efectos económicos de la guerra civil española (1936-1939), el alineamiento político de la dictadura franquista con las potencias del Eje durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), la no inclusión de España en las operaciones de reconstrucción europea (Plan Marshall) fruto de su aislamiento político, así como la cruzada ideológica contra toda forma de liberalismo, delimitarían un horizonte muy estrecho, en la España de los cuarenta y cincuenta, para las actividades científicas y tecnológicas y una moda-

ejemplo, en Braña, Buesa y Molero (1984), donde la simplificación que estos economistas hacen del papel del estado en la industrialización evidencia los peligros de carecer de una teoría razonable de las relaciones entre el estado y la sociedad. Véase, por ejemplo, toda la segunda parte del libro citado, especialmente en las páginas 157 y ss.

lidad singular de relaciones entre la investigación y el estado nacional-católico que contribuyeron a constreñir las acciones o políticas que se podían adoptar.

Además de las circunstancias materiales (carencia de medios y recursos), también las opciones proteccionista y autárquica dificultaron la creación de un ambiente competitivo que incentivase el desarrollo de innovaciones tecnológicas en las empresas, el catolicismo ultraconservador y la ausencia de libertad política obstaculizaron el desarrollo de la investigación académica y las pautas de organización jerárquica dominantes en la Universidad y en el csic convirtieron la lucha por derrocarlas -la "batalla por la democratización"- en un referente importante para comprender la conducta de los actores de la investigación.

Así, pues, las características del entorno económico, las actitudes y batallas políticas de entonces y los propios modelos organizativos marcados por las opciones tomadas determinarán una construcción institucional y organizativa, de estructuras y actores, que dominará la ciencia y la tecnología en los años del franquismo y que transmitirá su herencia a los años posteriores en forma de legados institucionales.

Estas estructuras heredadas serán el sujeto de los sucesivos intentos reformistas en busca de la modernización del sistema de ciencia y tecnología. Pero algunas de las características institucionales y de los actores organizativos sobrevivieron, aún hoy, a los intentos de las sucesivas reformas; son estas estructuras profundas las que ayudan a comprender la recurrencia, con posterioridad, de problemas similares.

En este artículo se pretende hacer una breve revisión de la historia reciente, de algunos hechos y aspectos de las actividades de investigación científica y el desarrollo técnico en España, pero sobre todo de las acciones del estado en relación con los mismos.

Aunque se ha comenzado a estudiar los primeros tiempos de la ciencia y la tecnología en España, aún se sabe poco. La mayoría de los trabajos responden a lo que podríamos denominar descripciones o narraciones² construidas generalmente a partir de testimonios, biografías o trabajos hagiográficos (por ejemplo sobre Albareda), por no ha-

² Trabajos sociológicos de interés que incluyen información relevante para el análisis histórico son, entre otros, los de González Blasco y Jiménez Blanco (1979) y González Blasco (1980). En el campo de la narrativa histórica se pueden mencionar, por ejemplo, Peset (1986), Garma y Sánchez Ron (1990) y (1992), Santesmases y Muñoz (1993) o la que, en mi opinión, es la aportación más completa hasta el momento, López García (1994).

blar de los pertenecientes al género del ensayo y los que recogen las impresiones de los protagonistas.³

El análisis que aquí se realiza y los argumentos que se formulan quizá puedan verse como un conjunto de hipótesis de trabajo consistentes con la explicación general que el libro sostiene, más que como una demostración fehaciente, campo que se deja para el trabajo propio de los historiadores. La estrategia que se sigue tiene también un fuerte componente descriptivo, por lo que esta aproximación al conocimiento de las relaciones de la investigación y la tecnología con el régimen franquista y su evolución bien puede abordarse dentro de las categorías temporales que los historiadores económicos y políticos han establecido. Se comienza por la primera manifestación de intenciones del nuevo régimen en relación con la ciencia, plasmada en la constitución del csic, cuya organización y funciones le otorgarán un papel clave en el sistema español de I+D. Luego se estudiará la etapa del crecimiento económico y de los Planes de Desarrollo y el papel que se pretenda otorgar a la investigación y la tecnología en el desarrollo económico español.

1. La ciencia y el estado nacional-católico durante la autarquía

Ya se ha dicho que las características de la situación económica y, sobre todo, las propias de la política económica resultan relevantes para comprender la evolución de la ciencia y la tecnología y sus relaciones con el estado: por un lado, los incentivos de la industria nacional hacia la innovación técnica y, por otro, las demandas que el sistema económico realizaba al sector público investigador. Sin embargo, para explicar la situación de la ciencia y la tecnología el argumento se desarrolla a partir del análisis de las opciones políticas y de las acciones específicas del estado, en apoyo, coordinación o regulación de las actividades científico-técnicas. En este sentido, el énfasis, sin negar la presencia de otras variables explicativas, se pone sobre las políticas y el juego político.

Los efectos económicos de la guerra civil, pero sobre todo la situación de aislamiento político en que quedó la dictadura franquis-

³ Los estudiosos del período disponen de numerosos documentos así como de testimonios de la época, pero por su preocupación por la reconstrucción de la situación de la ciencia y la técnica en la España de la posguerra, merece la pena comenzar revisando los números de época de la revista *Amor*.

ta tras el final de la Segunda Guerra Mundial, así como los principios ideológicos nacionalistas, contribuyeron a forjar una política de reconstrucción basada en la autarquía.⁴ En el marco de esta estrategia de política económica, basada en el intervencionismo y en el aislamiento, hasta bien entrados los años cincuenta no se alcanzaron los niveles de producción de antes de la guerra, por no hablar de los estrangulamientos crónicos que se crearon en la economía, de modo que la historiografía más reciente habla ya de los costes⁵ que la autarquía tuvo para el desarrollo a largo plazo de la economía española.

El modelo autárquico consistía en el mantenimiento de los métodos de funcionamiento vigentes durante la guerra, basados en la intervención económica del estado: fijación administrativa de los precios, estrecho control de la inversión privada, creación de industrias de interés nacional, inversión directa del estado a través del Instituto Nacional de Industria (INI), centralización de los suministros de materias primas y de los permisos de importación, además de unas relaciones laborales y de comercio marcadas por un modelo rígido, autoritario y paternalista.

Esta política autárquica e intervencionista era una respuesta no sólo económica, sino también ideológica y doctrinal de las fuerzas vencedoras en la contienda civil española. Pero lo cierto es que sus elementos centrales (proteccionismo, sustitución de importaciones y regulación administrativa de la economía) entroncaban con la tradición proteccionista e intervencionista que ha caracterizado la historia de España y que se consolidó como la opción más adecuada para garantizar los intereses de la coalición social dominante a principios del siglo xx, con la canonización del proteccionismo por parte de los sectores industriales y la utilización del estado en su favor, a pesar de que consolidase el atraso económico y la ineficiencia productiva.⁶

Las dos primeras décadas del régimen franquista estuvieron caracterizadas por un discurso que manifestaba la voluntad de impulsar

⁴ Sobre este aspecto la historiografía ha trabajado abundantemente, pero merece la pena mencionar un clásico, Ros Hombravella *et al.* (1973), y algún trabajo más reciente como el de Catalán (1993).

⁵ Llamar la atención sobre los estrangulamientos estructurales que generó esta estrategia es algo que, hasta donde conocemos, se ha realizado recientemente. Véase, por ejemplo, Carreras (1987: 304) o García Delgado (1987); para los costes de los años posteriores, el desarrollismo, véase García-Delgado y Segura (1977).

⁶ El trabajo de mayor penetración analítica en este argumento es el de Fraile Balbín (1991).

la industrialización del país. Se trataba de aumentar la producción,⁷ para lo cual la política financiera del estado, y el estado mismo, se puso al servicio de la reconstrucción y de la industrialización. Por Ley del 25 de septiembre de 1941 se creaba el Instituto Nacional de Industria, en atención a cuatro postulados esenciales:⁸ a) la necesidad de poner en marcha un esfuerzo de industrialización que permitiera el despegue económico del país y el lanzamiento de una economía potente; b) el reconocimiento de la incapacidad de la iniciativa privada para asumir el esfuerzo inversor y la asunción de la carencia endémica de empresarios; c) la asociación entre la industrialización y la defensa nacional; d) la aceptación de que no existían instituciones de crédito apropiadas para financiar los programas de industrialización y defensa nacional y que se debería actuar también como banco industrial. Así, el estado se convertía en agente capaz de dirigir y, además, de protagonizar la industrialización española a través de la intervención del INI en la producción para el mercado.

Una de las preguntas que ha atraído la atención de los investigadores es dar cuenta de por qué el estado se lanzó a la intervención directa en la producción. Además de las reminiscencias del IRI italiano como modelo, hay que recordar el protagonismo de la institución militar en la acción directa del estado en materia industrial⁹ que la historiografía más tradicional resaltó y que se apuntaba tras la idea de la existencia de "los imperativos de la defensa nacional". En el preámbulo de la ley la argumentación decía que

[...] surge, pues, la necesidad de un organismo que, dotado de capacidad económica y personalidad jurídica, pueda dar forma y realización a los grandes programas de resurgimiento industrial de nuestra nación, que, estimulando a la industria particular, propulsen la creación de nuevas fuentes de producción y ampliación de las existentes, creando por sí las que el interés de la defensa nacional o los imperativos de nues-

⁷ Todos los analistas señalan como explicitación de este discurso *La política industrial de la Nueva España*, publicado en 1942 por el Ministerio de Industria, en que se recogía una declaración del jefe de estado en el sentido de que había que "aumentar la producción" y sobre cuya idea rectora se había organizado la política de ordenación industrial (*Boletín Oficial de las Cortes*, BOC, 2 de diciembre de 1943, No. 28, p. 433). Véase a este respecto, por ejemplo, Martín Aceña y Comín (1992).

⁸ El argumento resumido aquí procede en lo fundamental de Martín Aceña y Comín (1992: 429-430).

⁹ Moya (1975) y (1984) es de los que han insistido en este aspecto dentro de un esquema de interpretación de los hechos, aunque más recientemente puede verse San Román (1993) y Catalán (1993).

tra economía exijan. Esto permitirá el que el estado recoja y canalice el ahorro, convirtiéndolo en un auxilio vivo de la economía del país, de acuerdo con los principios políticos del Movimiento.¹⁰

Esta interpretación es además consistente con la repetida circunstancia de que los nombramientos de ministro de Industria y Comercio (con el pequeño interregno de 1942 a 1944) y de presidente y consejeros del INI recayeron, de forma casi permanente, sobre militares de carrera con formación técnica; esta circunstancia será continua hasta la llegada de López Bravo, en 1962, al cargo de ministro de Industria. Por otro lado, la relevancia de las instituciones militares con relación a los procesos de desarrollo industrial no es una circunstancia exclusivamente española, tal y como se ha señalado repetidamente para el caso alemán.¹¹

La importancia de la presencia militar tras la guerra civil en las tareas de reconstrucción se ha destacado desde el argumento que señalaba su competencia técnica hasta la observación de que solamente los militares tenían capacidad de decisión suficiente para romper con la inercia de la pura restauración de los viejos intereses "reconquistados", resolviendo así la ambigüedad tradicional de aquella élite económica cuyo control financiero sobre la industria estaba demasiado vinculado al tradicionalismo de sus viejas o nuevas explotaciones agrarias y a sus acuerdos internos de tipo más o menos oligopólicos.¹²

El final de la guerra había significado la derrota de los sectores industriales y urbanos de la sociedad española (trabajadores y empresarios), pero el nuevo régimen tenía necesidades industriales que no podían desdeñarse y cuya cobertura, junto con el programa industrializador, quedó en manos de los militares, a los que quizá hoy llamaríamos tecnócratas. Por otro lado, como ya se ha comentado, los militares españoles desde la Primera Guerra Mundial y con posterioridad formaron las comisiones de movilización, donde se generaría

¹⁰ Preámbulo de la Ley de 25 de septiembre de 1941, por la que se crea el Instituto Nacional de Industria.

¹¹ Sólo mencionar el clásico Veblen (1915) o el más reciente Dahrendorf (1965: 31 y ss) donde explícitamente se llama la atención sobre el papel de la herencia militar prusiana como elemento de preparación para la industrialización, tan eficaz como fue el credo calvinista en otros países y circunstancias. Por otro lado, en los tiempos de la Primera Guerra Mundial se generalizaron en casi todos los países europeos las comisiones de movilización.

¹² Esta es la explicación de Moya (1984: 119).

un cierto espíritu en favor de la creación de centros o laboratorios de investigación en áreas muy aplicadas, tales como la metalurgia y los combustibles.

En las comisiones de movilización¹³ se fue creando una trama de relaciones entre ingenieros procedentes del Ejército y la Armada que sería la base del mundo industrializador del INI. De hecho, personajes tan significados como Suances, fundador y presidente del INI y ministro de Industria entre 1945 y 1951, y Planell, que estaría al frente del Patronato Juan de la Cierva (PJC) y sería ministro de Industria entre 1951 y 1962,¹⁴ se conocieron y trabajaron en esas comisiones. De hecho en esos primeros años la sintonía entre las preocupaciones de estos ingenieros militares, que coincidían en el INI, el csic, la JEN y el INTA, sobre las competencias técnicas de las empresas y las actividades del csic por medio del Patronato Juan de la Cierva (PJC) era importante.

De todos modos, conviene no olvidar que, en los años de la Autarquía, la investigación y el desarrollo tecnológico no estuvieron presentes en la industria bajo las formas organizativas institucionalizadas que ya se habían desarrollado en otros países, como eran los laboratorios de investigación de empresa.¹⁵ Además de los casos aislados promovidos desde el INI, como los de CETME, AUXINI o la Empresa Nacional Calvo Sotelo, se puede afirmar que no existían actividades de investigación y desarrollo tecnológico en las empresas españolas; sin embargo, no se puede dudar de la existencia de una cierta capacidad de solventar los problemas prácticos de la producción y de adaptar tecnologías foráneas. Quizá eran tiempos en que la componente tecnológica más importante de las empresas estaba personalizada en los ingenieros,¹⁶ eran tiempos en que éstos eran un elemento más importante que los investigadores a la hora de afrontar la resolución de problemas. De hecho, en relación a la formalización de la I+D en las empresas industriales, aún a finales de los sesenta, la OCDE lla-

¹³ Es de justicia señalar que debo a Santiago López haberme llamado la atención sobre esta circunstancia.

¹⁴ Véase San Román (1993) y su tesis doctoral en curso.

¹⁵ Sobre el proceso de generación de la actividad investigadora en la empresa véase, por ejemplo, Noble (1977), y sobre el papel estratégico de la I+D para una empresa (Du Pont) véase, por ejemplo, Hounshell y Kenly Smith (1988).

¹⁶ De hecho la producción de ingenieros industriales durante la guerra no se había detenido completamente en instituciones privadas como ICAI, que envió sus estudiantes a Bélgica.

maba la atención sobre la debilidad de la investigación industrial y el exceso de pagos tecnológicos al exterior en relación con esfuerzo nacional en I+D.¹⁷

La situación de la universidad tampoco era buena, dado que había sufrido una grave sangría como resultado de la guerra civil,¹⁸ lo que sumado al contexto de carencia general de infraestructura científica hacía que fuese un elemento poco significativo a la hora de promover y realizar actividades de investigación científica.

La universidad existente respondía al modelo tradicional de institución casi exclusivamente docente y estaba caracterizada por una ausencia notoria de autonomía en su organización y funcionamiento. Hay que recordar que los sucesivos esfuerzos de modernización realizados en los períodos liberales de los años veinte habían concluido con reformas y contrarreformas, que en definitiva habían fracasado. La cátedra era el principio organizativo de la actividad universitaria, aunque para algunos académicos con los adecuados contactos, en ese contexto de carencia de medios, los institutos de investigación del csic o las Secciones se convirtieron en los mecanismos que facilitaban la actividad investigadora. De aquí la decisiva importancia del csic en el sistema de investigación académica de los años de la posguerra: otorgaba becas para la formación en el extranjero y administraba recursos financieros que hacían posible algunas actividades de investigación.

Tras la guerra muchas de las cátedras universitarias se encontraban vacantes y el ministro Ibáñez Martín, con el consejo de Albareda entre otros, emprendió una política rápida de oposiciones con el nombramiento directo de los tribunales; esta política de hechos consumados se institucionalizó a medias, en 1943, cuando se aprobó la Ley de Ordenación Universitaria, que establecía unos mecanismos estables de selección. Respecto a esta época, en conjunto, algunos la habían caracterizado como la del "asalto de las cátedras universitarias"¹⁹ por el Opus Dei.

¹⁷ Sobre el tema específico de la denominada "dependencia tecnológica española" pueden verse las aportaciones de Martín y Rodríguez-Romero (1978), Molero (1983) o Sánchez Muñoz (1983).

¹⁸ Montoro (1981: 28) utilizando fuentes secundarias establecía la cifra de "cerebros fugados" de la universidad en 118, mientras que López García (1991) estimaba la cifra de catedráticos depurados entre un 8-10 por ciento. De hecho, todas las apreciaciones coinciden en señalar que significó la pérdida de los mejores y más formados.

¹⁹ Por ejemplo, Artigues (1971).

Pero, incluso, al final del período autárquico la OCDE²⁰ informaba que la investigación en la universidad era casi inexistente y que el 85 por ciento del gasto nacional de I+D se canalizaba a través de los siete grandes centros de investigación dependientes de los diferentes ministerios, de los cuales el más importante era el CSIC.

La creación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Si la reconstrucción de la industria y la puesta en marcha de la producción quedó en esos años, mayoritariamente, en manos de los militares, la educación y sus campos próximos -tales como la investigación- serían entregados para su gestión, con el objetivo de producir el rearme moral y el relanzamiento de los valores más tradicionales, a los sectores políticos más próximos a la Iglesia.

Los vencedores querían reconstruir las élites intelectuales y sociales, pero sobre bases diferentes a las de preguerra; sin embargo, una batalla política entre las diversas familias del franquismo -monárquicos alfonsinos (Acción Española), propagandistas (ACNP), falangistas- se produjo para determinar quién se haría cargo de esa tarea, quién controlaría la educación, especialmente de la universidad.²¹

En la España de la posguerra no había nada que se pareciese a lo que hoy se podría denominar una explícita política científica y tecnológica; pero esto no significa que el nuevo estado manifestase desinterés por la ciencia y las técnicas. Ello con independencia de que en una evaluación se señale la escasa correspondencia entre la retórica del régimen sobre el apoyo y la promoción de la ciencia y su práctica real, lo que también puede llevar a debatir si las normas y reglamentaciones emitidas por el estado, tomadas de forma aislada, son fiables como descripción de lo que ocurrió en esos años.

Pero al margen de esas polémicas, como se ha señalado reiteradamente,²² a partir de 1939 la clave para la acción estatal sobre la ciencia se situó en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (csic), por lo que el mismo se convirtió en el centro del sistema cientí-

²⁰ OCDE (1964).

²¹ Este asunto se puede ver a través de alguna historia de tipo general, como la de Gallo (1969), o a través de análisis específicos, como Montoro (1981).

²² Por ejemplo Nieto (1982) y (1990).

fico-técnico de la posguerra. Aunque pudiera interpretarse que el nacimiento del csic responde, paralelamente, a la opción industrializadora asumida por el régimen, a una captación de las necesidades de la investigación en una sociedad moderna, más bien parece que la iniciativa, en sus orígenes y forma -se lanza y organiza desde el Ministerio de Educación Nacional-, responde al intento de reconstruir las élites investigadoras del país, desaparecidas en la guerra o en el exilio y, quizá colateralmente, de controlar y dominar su orientación intelectual e ideológica. Aunque, como se ha señalado, la opción industrializadora alcanzará posteriormente una presencia importante en la orientación de uno de los Patronatos que componían el csic, el PJC.

La actitud oficial, el discurso en relación con la investigación científica y técnica quedó plasmado en el preámbulo de la Ley del 24 de noviembre de 1939²³ de creación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.²⁴ Allí se declara que el estado "debe ser el órgano fundamental de impulso y apoyo" a la investigación científica y, en consecuencia, a él "corresponde la coordinación de cuantas actividades e instituciones están destinadas a la creación de la ciencia". La investigación nacional necesitaba ser ordenada, tarea que se atribuía al recién creado "órgano de nueva contextura, cuya misión sea exclusivamente coordinadora y estimulante, sin aspirara mediatizar los Centros e instituciones que con vida propia se desarrollan".

La finalidad que se atribuye al Consejo en su creación es la de

[...] fomentar, orientar y coordinar la investigación científica nacional" (art. 1), para lo cual el "Consejo de Investigaciones Científicas estará integrado por representaciones de las Universidades, de las Reales Academias, del Cuerpo Facultativo de Archivos, Bibliotecas y Museos, de las Escuelas de Ingenieros de Minas, Caminos, Agrónomos, de Montes, Industriales, Navales, de Arquitectura, Bellas Artes y Veterina-

²³ Señalar solamente que la ley sería retocada y modificada ligeramente por las leyes de 22 de julio de 1942 y de 27 de diciembre de 1947 y otras posteriores, y desarrollada a través de otras normas.

²⁴ Por azares de la historia la creación del csic se produce el mismo año que formalmente nació el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) en Francia, la institución extranjera que actualmente se asemeja más al csic. Sin embargo, las circunstancias históricas y las iniciativas que condujeron a la creación del CNRS fueron muy distintas, dado que el CNRS fue creado por el Gobierno del Frente Popular en una Europa sobre la que se cernía la sombra de una inmediata conflagración, bajo el impulso de reputados científicos de izquierda, liderados por Perrin, Joliot e Irene Curie (Weart, 1979), todos ellos muy implicados en la investigación sobre la energía nuclear.

ría²⁵ [...] representantes de la investigación técnica del Ejército, de la Marina, de la Aeronáutica, de las Ciencias Sagradas, del Instituto de Estudios Políticos y de la investigación privada (art. 3),

aunque todos ellos designados por el Ministerio de Educación Nacional entre personas de relevante historial científico.

Así pues, la apariencia de la institución, que podría haberse denominado Consejo Nacional de Investigaciones Científicas en los borradores de la Ley que preparó Albareda,²⁶ se asemejaba a los múltiples *Consejos* (como el Consejo de Economía Nacional o el Consejo Nacional del Movimiento) que asesoraban o aconsejaban al *Caudillo* en el ejercicio de un poder que solo a él correspondía y que le ayudaban en la administración de las cosas, o a uno de los mecanismos de regulación y control administrativo de la vida económica y social que proliferaban con el nuevo régimen. Al csic, al menos en la retórica, también se le otorgaba un papel en el proyecto de reconstrucción de las élites del país, como era el de "vincular la producción científica al servicio de los intereses espirituales y materiales de la Patria".

Desde interpretaciones globalizadoras²⁷ se ha insistido en el papel decisivo del csic y de Albareda en la conquista de las élites intelectuales del país para el Opus Dei, lo que facilitó el ascenso de los tecnócratas, a principios de los sesenta, a las posiciones clave del gobierno. Al margen de los efectos producidos, lo cierto es que el proceso parece tener su origen en factores aleatorios, tales como la convivencia forzada por su encierro en una embajada durante la Guerra Civil de Albareda, ya miembro del proyecto de Escrivá de Balaguer, con Ibáñez Martín, futuro ministro de Educación entre 1939 y 1951, y la necesidad que tendría éste de separarse de las batallas entre las familias del régimen nada más terminar la guerra y entregar los recursos de la disuelta Junta para la Ampliación de Estudios a personas entonces no significadas políticamente.²⁸

En términos más concretos, con la creación del csic se trataba de reemplazar la estructura y las actividades de la Junta para la Amplia-

²⁵ Los representantes de Veterinaria desaparecieron de la formulación explícita en las modificaciones posteriores de la Ley.

²⁶ De esto nos informa Sánchez Ron (1992: 54).

²⁷ Por ejemplo la que sostiene Artigues (1971: 35 y ss).

²⁸ Hay que recordar que el Opus Dei era casi inexistente en 1939, año en que Escrivá publicó su obra *Camino*.

ción de Estudios e Investigaciones Científicas.²⁹ Algunos testigos explícitamente opinan que la visión que el nuevo secretario general del csic, Albareda, dio a la institución recién creada iba a ser "poco más que un cambio de nombre y de orientación ideológica".³⁰ Los fantasmas del pasado republicano estaban presentes a través del espíritu de la Institución Libre de Enseñanza; se quería jugar un papel análogo, pero de signo contrario, al que la Junta para la Ampliación de Estudios había desempeñado en la historia anterior a la Guerra Civil. A pesar de que Albareda insistía en no querer replicar el papel de Castillejo en la historia de la Junta, sin embargo, todo parecía una réplica del pasado: Albareda jugó un papel similar en el csic, la situación de autonomía relativa respecto al Ministerio fue parecida a la de la Junta, las medidas tomadas en apoyo a la investigación estaban cortadas por la memoria personal del antiguo pensionista de la Junta que fue Albareda.

Así, tal como se recogía en la Ley de creación del CSIC, los centros -en lo fundamental edificios, dado que personal propio de la JAE quedó diezmado tras la guerra y el exilio-³¹ antes dependientes de la Junta para la Ampliación de Estudios y de la Fundación Nacional de Investigaciones Científicas y Ensayos y Reformas (FNICER) pasaron a depender directamente de ese órgano de "nueva contextura", encargado de fomentar, orientar y coordinar la investigación científica nacional.

Así pues, en síntesis, puede decirse que el papel que al CSIC le tocó jugar en los años de la posguerra pudo estar marcado por tres dimensiones heterogéneas. En primer lugar, lo que parece encajar con la conducta seguida por Albareda, tratar de convertirse en sede de la escasa actividad investigadora española, con los medios materiales heredados de la JAE y de la FNICER, a través de la promoción de institutos y centros de investigación. En segundo lugar, desarrollar un papel de consejo o asesoramiento en el campo de ordenación de las actividades del estado en relación con la investigación. Tercero, ejercer un papel relevante en el esfuerzo por reconstruir, movilizar y ganar para el régimen a las nacientes élites académicas y culturales.

²⁹ Sobre la Junta para la Ampliación de Estudios se remite a los números monográficos, con múltiples colaboraciones, de la revista *Arbor*, No. 493, enero de 1987, y No. 499-500, julio-agosto de 1987.

³⁰ Es la opinión de uno de los testigos del período, Sánchez del Río (1990: 64), que llegó a ser presidente del csic.

³¹ López García (1994: 107) señala que la purga y el autoexilio debieron causar no menos del 60 por ciento de las bajas entre los antiguos científicos de la JAE (incluida la FNICER).

En lo referente a la segunda de las dimensiones, y con la posibilidad de llevar adelante labores de ordenación o coordinación, ésta se suele confundir con la más moderna de ejecutar una política científica. Ha sido tradicional en la literatura³² constatar el supuesto fracaso que se produjo en la utilización del CSIC como instrumento de política científica. Sin embargo, estos argumentos distorsionan la realidad, pues analizan hechos de hace cincuenta años bajo el prisma de la moderna idea de política científica, idea que solo se construye con claridad a partir de finales de los cincuenta. Por lo demás, hay que recordar que los primeros esfuerzos a gran escala de los gobiernos occidentales en favor de una política científica moderna³³ recogidos y canalizados por los organismos internacionales, tales como OCDE y UNESCO, coinciden con el final del período autárquico español.

El CSIC hizo política científica en el sentido que el término tenía en esos años, a través de la promoción y el desarrollo de la investigación, y con los instrumentos tradicionales que en todo el mundo se habían aplicado anteriormente: dotación de becas para el estudio fuera del país, creación de institutos de investigación o invitación a científicos extranjeros. En esos años esa forma de acción sirvió para reconstruir lentamente el capital humano que la represión y el exilio habían menudado.³⁴ Otro asunto a debatir es si con los recursos disponibles se pudo hacer más, o si se discriminaba a los no miembros del Opus Dei, o si se favoreció a éstos de forma desproporcionada; en definitiva, si

³² El comienzo identificable de esta interpretación, que procede de personas con experiencia en la gestión de la política científica o de organismos de investigación, se encuentra en Nieto (1982:12), pero también se extiende a Muñoz (1982), Muñoz y Ornia (1986), Muñoz (1990), Sánchez del Río (1990) e incluso a trabajos más académicos como los de Sánchez Ron (1990), Sanz y Muñoz (1992) o Santesmases y Muñoz (1993). A título de ejemplo:

A pesar de que estos centros, Universidad y Consejo, parecían servir a la nueva política económica de la autarquía, creando una ciencia suficiente para la nación y grandiosa para el orbe, nunca fueron capaces de articular ni siquiera una incipiente política científica (Peset, 1986: 38).

³³ Véase el capítulo 2 de *Estado, ciencia y tecnología en España...*, citado.

³⁴ El paralelismo de Albareda con personajes históricos -y no sólo con Castillejo- como Friedrich Althoff, *Ministerialdirektorencargado de la educación universitaria en el Ministerio de Cultura y Religión de Prusia desde 1882 a 1907*, y que introdujo las reformas que pueden definirse como "el comienzo de la moderna política científica en Alemania" (Feldman, 1987: 261), es grande, especialmente en cuanto al papel decisivo que jugó en la configuración de la investigación científica española, aunque el impacto de las reformas de Althoff fuese de mayor escala. Estos paralelismos evidencian la posibilidad de desarrollar conceptos más generales, como el de emprendedores políticos (*policyentrepreneurs*), para describir estos procesos.

las decisiones y las acciones tomadas fueron pertinentes para el desarrollo científico español o si se quedaron en una simple lucha por el poder académico. Es quizá la centralidad del CSIC en el sistema de investigación uno de los factores que favoreció su asociación a las luchas por el poder académico.

Hasta ahora se ha destacado la centralidad del CSIC en el sistema español de investigación en esos años, pero hay que llamar la atención sobre un hecho esencial que marcará también la marcha de la institución: la heterogeneidad interna del CSIC. El CSIC estaba organizado en Patronatos de carácter disciplinar, en los que se reagrupaban los diversos centros de investigación y que disponían de personalidad jurídica propia y de casi total independencia en la gestión económica. A partir de finales de los cuarenta pueden identificarse en germen los dos csic-tres si se consideran los Patronatos de Humanidades y Ciencias Sociales: el científico, dedicado a la investigación básica o académica, y el tecnológico, centrado en actividades de desarrollo tecnológico industrial, con una fuerte colaboración con la industria (el INI, y las asociaciones sectoriales). El csic tecnológico estaba organizado funcionalmente en torno al Patronato Juan de la Cierva (PJC) y acabaría representando, junto con algunas empresas dependientes del INI, la línea del desarrollo tecnológico, concebido como base del crecimiento industrial. Lo cierto es que el PJC representó, incluso desde el reparto de los bienes de la FNICER,³⁵ más de la mitad del CSIC en los años del franquismo.

Así pues, el CSIC era una combinación institucional y organizativa, donde se agrupaban unas pocas actividades en "defensa de Dios y la cultura hispánica", otras pocas de investigación científica de corte académico y, sobre todo, un conjunto de institutos al servicio del desarrollo tecnológico industrial que, en algunos casos, incluso recibían los recursos directamente de las empresas de sus sectores a través de tasas parafiscales, como los Institutos del Carbón, Hierro y Acero y Torroja.

La confrontación interna entre los dos mundos del CSIC, el de la ciencia y el de la tecnología, se irá incrementando hasta mediados de los setenta, cuando se librará la batalla por la unificación funcional del organismo que llevó a la victoria a la componente científico-académica del csic, en un momento en que importantes sectores investigadores se habían constituido como intereses activos en el campo, cuando la fuerza de los militares modernizadores se había perdido y

Esto es lo que afirma López García (1994).

cuando las empresas afrontaban ya los primeros efectos de la crisis de los setenta.³⁶

Por otro lado, si finalmente fuese cierto que en la voluntad de los creadores del CSIC estaba presente esa dualidad fundacional, la voluntad de "fomentar, orientar y coordinar" y de no "mediatizar", ambas entraron en conflicto con el desarrollo y plasmación de los objetivos organizativos a través de la gestión de los centros de investigación dependientes del CSIC. Con el paso del tiempo el centro de gravedad institucional y organizativo se desplazó en favor de la gestión de los centros propios del CSIC y de la solución de los problemas asociados con ellos. De hecho, y de acuerdo con los planes de Albareda, una vez recuperado el impulso en la universidad, y con el propio crecimiento organizativo del CSIC en marcha, fruto de la creación de las plazas de investigador, la dinámica tendía a una separación progresiva de su actividad respecto de las universidades.

Al mismo tiempo, se constataría oficialmente una evolución de las relaciones con el estado, dado que

[...] a pesar de que fue creada por el estado, la nueva organización pronto adquirió personalidad propia y hoy disfruta de una independencia absoluta en la elección de sus miembros, la creación de nuevos institutos, y el desarrollo o modificación de sus centros.³⁷

De este modo, a la vez que se consolidó la vida del csic como agrupación de centros de investigación, formalmente dependientes del Ministerio de Educación Nacional, quedaba pendiente -ahora que ya comenzaba a ser definida en el sentido moderno- la coordinación de la investigación científica. En la línea ya mencionada, se ha llegado a decir que "[...] si el CSIC contribuyó de manera sustancial al progreso de la investigación científica en España, fracasó por completo en su *misión* de ordenar y coordinar la Ciencia española, que siguió desarrollándose de manera absolutamente desordenada y descoordinada";³⁸ sin embargo, la condición de posibilidad de la nueva función de coordinación, o de política científica, se derivaba del propio creci-

³⁶ Un personaje esencial en la evolución es Lora Tamayo, que desde el principio participó de los dos csic y creó las bases para el modelo de los años sesenta con la CAICYT. (Esta observación se debe a M. J. Santesmases.)

³⁷ Esto es lo que se dice en OCDE (1994: 13).

³⁸ Nieto (1982: 13).

miento del sistema de centros de investigación, independientes del csic, promovidos por los diversos ministerios.

Así pues, el surgimiento de la nueva demanda de coordinación estaba relacionado con que la promoción directa de organismos de investigación desde diversas partes del estado se había extendido, de modo que los diferentes ministerios habían ido creando nuevos centros, en muchos casos bajo el impulso de colectivos profesionales con fuertes posiciones en el aparato del estado.

De todos modos, la sensación que transmiten los años de la autarquía, llenos de reglamentaciones que *refundaban* centros de investigación con cierta historia (por ejemplo, el Instituto Español de Oceanografía, creado en 1914, y reorganizado en diciembre de 1939) o creaban nuevos (como el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica³⁹ en 1942, o la Junta de Energía Nuclear en 1948) es que con mayor frecuencia predominaba el deseo de reanudar su actividad que el de hacer grandes planes o programas.⁴⁰ Se trataba de echar a andar bajo nuevas regulaciones que controlarían el desarrollo de la I+D, para "sistematizar la investigación, aplicarla a desarrollar e independizar la economía nacional y colocar la organización científico-técnica en primer plano de los problemas nacionales".⁴¹

Si hubiera que realizar un balance de la situación de la investigación y desarrollo tecnológico y de la actitud del estado ante ella en ese periodo autárquico, a pesar de la escasez de confirmaciones empíricas, se podría decir:⁴²

- En ese período autárquico no había actividades sistemáticas de investigación y desarrollo tecnológico que fuesen relevantes; la guerra y el exilio destruyeron lo fundamental del capital humano y las organizaciones que sustentaban estas actividades antes de la guerra.

- A partir de su creación el csic ocupará un lugar central, aunque también afectado por la penuria económica, en el sistema español de

³⁹ Respecto a éste véase Roca Rosell y Sánchez Ron (1990).

⁴⁰ Este espíritu era compartido por el propio csic. Tal y como se decía en su ley creadora, se trataba de proceder a "la rápida reanudación de las actividades de los centros de investigación científica" (art. 13).

⁴¹ Procede del Preámbulo de la ley de creación del csic, si se logró o no es un tema para el debate.

⁴² Recuérdesse que el primer manual de la OCDE, el de Frascati, para la medición de las actividades de I+D es de 1963, momento en el que se empieza a crear la información sistemática sobre actividades de I+D, aunque seguramente haya que esperar a mediados de los ochenta para garantizar una amplia fiabilidad a las mismas.

I+D durante el franquismo, gracias a la herencia de los bienes de la JAE y de la FNICER.

- El CSIC no era ni mucho menos una organización monolítica sino variada y compleja y en ella se detecta ya una cierta tensión entre las actividades de investigación aplicada y tecnológica, al servicio de la industria nacional bajo cobertura del Patronato Juan de la Cierva y la investigación más académica de la institución.

- En esos años no existía política científica porque el concepto aún no se había desarrollado; la investigación científica no se había convertido en un problema, ni había entrado en la agenda política y, de hecho, tampoco había aún soluciones disponibles para esos problemas.

- Solamente cuando, a lo largo de los cincuenta, los diferentes ministerios comienzan a desarrollar incipientes actividades de I+D, en centros bajo su directa tutela, comenzará a plantearse el problema moderno de la política científica en términos de la coordinación de las actividades de I+D y, como un elemento nuevo, la selección de prioridades por el gobierno.

2. La promoción de la investigación y el desarrollo tecnológico durante el desarrollismo

A los pocos años de finalizar la Guerra Mundial en Europa, América del Norte y Japón, se experimentaba un proceso de crecimiento económico sin precedentes⁴³ y en 1959 entraba en vigor el Tratado de Roma constituyendo la Comunidad Económica Europea. A pesar de que el aislamiento había dificultado la transmisión de los efectos positivos a la economía española, se generó una cierta expansión en los cincuenta que provocó desequilibrios que acabaron en una crisis aguda a partir de 1956-1957. Para los historiadores el final de esa década marca un punto de inflexión en la estrategia de industrialización. Tras el final del aislamiento político (pactos España-Estados Unidos de 1953) el régimen franquista, con un recambio dentro del gabinete en ministerios clave como Hacienda (Navarro Rubio) y Comercio (Ullastres) y tras las recomendaciones del Primer Informe sobre la

⁴³ Las bases socio-económicas de ese crecimiento han sido asociadas al concepto de fordismo. Sobre el tema véase, por ejemplo, Boyer (1987).

Economía Española publicado por la Organización Europea de Cooperación Económica (OECE) en marzo de 1959, procedió a modificar sus posiciones en relación con la política económica a seguir.

El 30 de junio de 1959 el gobierno español remitió un memorándum al Fondo Monetario Internacional (FMI) y a la OCDE donde se describían las medidas que pensaba tomar. Tras la aprobación por estas instituciones de la ayuda financiera para su puesta en marcha y la entrada de España en la OCDE, el Plan de Estabilización se publicó los días 20 y 21 de julio mediante una declaración del gobierno y a través del Decreto-Ley 10/1959 sobre "Nueva Ordenación Económica". Las medidas pretendían asegurar el equilibrio interno, tanto público como privado, para lo cual se reformó el régimen de cambios y pagos exteriores, se comenzó la liberalización de los intercambios con el exterior, a la vez que se eliminaron muchos controles administrativos a la actividad económica, dado que el "éxito en la estabilización permitiría enfrentarse después con los problemas de desarrollo a largo plazo en óptimas condiciones de eficacia". Aparentemente, de entre las medidas tomadas, las disposiciones de mayor trascendencia serían las dirigidas a la liberalización económica interior (supresión de permisos administrativos y organismos interventores) y a la apertura económica exterior. A partir de entonces el proceso de acumulación y crecimiento de la economía española se va a ajustar durante casi tres lustros a un esquema simple:

[...] una financiación exterior apoyada en las remesas de emigrantes, turismo y la entrada de capital extranjero; la posibilidad así creada de importar tecnología y todo tipo de productos; y unas abundantes disponibilidades de mano de obra empleada a bajo coste, con la válvula de seguridad adicional de la fácil exportación de la mayor parte de la fuerza de trabajo excedente.⁴⁴

Si el Plan de Estabilización es considerado por los historiadores económicos como el inicio de una etapa, el cambio ministerial del 25 de febrero de 1957 puede considerarse el comienzo del giro político y del programa de modernización de la organización del estado. El mismo día de la toma de posesión del nuevo gobierno se publicaba un decreto-ley, por el que se reorganizaba la Administración Central del

estado, que pretendía, entre otras cosas, la mejora de la coordinación entre los departamentos ministeriales. Era la importación de tecnología administrativa que traía consigo Laureano López Rodó, ya desde finales de 1956 secretario técnico de la Presidencia del Gobierno, que parece haber sido el artesano⁴⁵ del Decreto-Ley del 25 de febrero de 1957.⁴⁶ Entre otras medidas se creaban las Comisiones Delegadas del Gobierno con las funciones de "coordinar la acción de los Departamentos" o de "preparar los asuntos", esto es, para arbitrar en los conflictos entre Departamentos, derivados de los choques entre las familias del régimen, que según parece se encontraban al orden del día. Pero, al mismo tiempo, la reforma trataba de reforzar el papel de la Presidencia del Gobierno (Carrero Blanco era ministro subsecretario de la Presidencia desde 1951) y de los servicios que de ella dependían, tal como se podía deducir del hecho de que "la Presidencia de las Comisiones Delegadas incumbe al Presidente del Consejo o, en representación de éste, al Ministro Subsecretario de la Presidencia" (art. 9).

Lo que se conoce en la historiografía como el ascenso de los tecnócratas representó una transformación decisiva, dado que la administración para el Desarrollo desplaza a la originaria gestión político-militar del INI impulsando su progresiva racionalización económica-empresarial [...] pero es además, desde la relativa autonomía de su poder burocrático con respecto al poder financiero tradicional [que] se monta un nuevo sistema de relaciones entre el capital privado y la administración pública.⁴⁷

Nuevos rumbos para la política científica: la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica

Mientras que el csic estaba dirigido desde 1939 por personas afines al Opus Dei, los cambios gubernamentales de esos años representaron el ascenso de los tecnócratas próximos a la organización religiosa a los puestos clave en la toma de decisiones gubernamental.

⁴⁵ Artigues (1971: 185 y ss).

⁴⁶ Una versión mejorada del mismo se formalizó en la Ley de régimen jurídico de la Administración del Estado (decreto de 26 de julio de 1957 de aprobación del texto refundido).

⁴⁷ Moya (1984: 131) ha sido en mi opinión uno de los analistas más agudos del proceso.

Con ellos, y en el marco de una importante reforma en el funcionamiento del estado, no tardaron en llegar los primeros cambios organizativos al terreno de la investigación y del desarrollo tecnológico, por mucho que su interpretación y explicación esté aún pendiente.

Por decreto de 7 de febrero 1958 se había creado la *Comisión Asesora de Investigación Científica Técnica*,⁴⁸ en línea con los dispositivos que otros países estaban desarrollando en esa época,⁴⁹ pero ajustada a las especificidades nacionales. La creación de la Comisión Asesora es un momento relevante que permite profundizar en la elaboración de algunos argumentos ya avanzados en relación con la evolución de la acción del estado en el campo de la investigación y de la tecnología. El decreto expresa, y los testimonios de la época consolidan esta interpretación, una preocupación por los problemas de coordinación y falta de jerarquía y ordenamiento en el sistema de toma de decisiones, que por otro lado era característico de toda la administración pública española.⁵⁰ Un tema que parecía preocupar era, en especial, la proliferación de iniciativas y de centros de I+D dependientes de diversos ministerios que se habían desarrollado, sin orden ni concierto, en el campo de la investigación y desarrollo. La conversión de este asunto en un problema de agenda política se produce en esa época, de modo que la coordinación interministerial pasará, desde entonces, a ser parte de todas las estrategias de reforma del sistema de I+D y de reorganización de la intervención pública, como evidenciará aún la reforma socialista de los ochenta.

El asunto había pasado a la agenda política, los responsables tenían capacidad de tomar decisiones y las soluciones propuestas parecían estar ahí. El decreto, que en su artículo primero modifica la Ley del 24 de noviembre de 1939 de creación del CSIC, en su preámbulo separa las funciones de "fomentar y orientar la investigación asignadas al csic", que se afirma habían sido eficientemente cumplidas, del "objetivo de coordinar la investigación".

⁴⁸ Que fue convalidado por Ley de 26 de diciembre de 1958.

⁴⁹ Por ejemplo, también se crea en Francia la *Délégation Générale a la Recherche Scientifique et Technique* (DGRST). Véase, por ejemplo, Mustar (1994). El reducidísimo número de individuos a cargo de las decisiones, cuando se trataba de recibir información de fuentes internacionales, hacía que su procesamiento -en normas- fuese muy expeditivo, gracias a la ausencia de controles democráticos.

⁵⁰ Estas características perdurarán hasta el final del franquismo como evidencia el estudio de Gunther (1980), que atribuye a la formación de las políticas públicas características singulares entre las que se encuentra la fragmentación y el clientelismo.

Respecto al objetivo de coordinar la investigación se señala que ha de alcanzarse promoviendo el mutuo conocimiento de actividades científicas en los Centros de Investigación dependientes de los diversos ministerios, el estudio de planes conjuntos de trabajo y la puesta a disposición de todos y de la industria misma del material básico y de la documentación que las instituciones del CSIC han ido reuniendo en sistemática ordenación a través de una amplia red de relaciones internacionales. El superior interés de hacer utilizable para el progreso nacional este potencial de conocimiento, documentación y valores humanos acumulados en los últimos quince años, en coordinación con cuanto en el país puede ser útil a los fines de una investigación científica técnica de interés nacional, aconsejan la creación de una Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica que tenga a su cargo el estudio e información sobre cuanto pueda concernir a la realización de estos fines, y pueda proponer al gobierno y a los distintos ministerios interesados los planes de investigación que convenga desarrollar.⁵¹

La concepción implícita de la coordinación estaba basada en el intercambio de información y en la formulación de propuestas por parte de un órgano asesor, en el que estaban representadas las partes. Así pues el decreto creaba la Comisión Asesora de Investigación Científica Técnica "con la misión de asesorar en la programación y desarrollo de los planes de investigación científica técnica de interés nacional" (art. I).

Como ya se ha comentado, algunas interpretaciones⁵² afirman que la creación de la Comisión Asesora representaba el reconocimiento del "fracaso del CSIC" en el cumplimiento de las funciones de política científica que le otorgó la Ley fundacional. Se manifestaría así la voluntad de retirar al CSIC la competencia de coordinar (política), mientras que se le reconocía su labor en el fomento y orientación (ejecución) de la investigación. En esta interpretación el estado renunciaría a controlar directamente la marcha del CSIC, así como a su reforma, dado que Albareda seguiría como secretario general, pero con la creación de la CAICYT se pretendía recuperar la competencia de decidir en qué dirección debía orientarse la ciencia y ello se hacía a través de nuevos instrumentos. Esta interpelación estaría asociada a la identifi-

⁵¹ Preámbulo del decreto de 7 de febrero de 1958 por el que se crea la Comisión Asesora de Investigación Científica Técnica.

⁵² Ya se ha señalado que atribuimos el origen de este argumento a Nieto (1982), aunque ha sido usado ampliamente.

cación de conflictos entre individuos dentro del Opus Dei y entre las diversas familias del régimen.

Aunque esta interpretación pudiera tener alguna verosimilitud hay datos significativos que la cuestionan, al menos parcialmente. Por ejemplo, el hecho de que Lora Tamayo, secretario del Patronato Juan de la Cierva y hombre que siempre estuvo de la mano de Albareda, fue nombrado presidente de la Comisión Asesora, además de representante español en la OCDE en temas de política científica, y no mucho más tarde, en julio de 1962, ministro de Educación. En todo caso, la ambigüedad en la redacción de la norma y, sobre todo, la falta de efectividad de la Comisión Asesora, tal y como se reconocía por la OCDE,⁵³ son argumentos a tener presentes en la explicación que finalmente se dé a esos hechos.

Como se ha anticipado, mi interpretación de los hechos es que la creación de la Comisión Asesora no expresaba quejas en cuanto al funcionamiento del CSIC, sino sobre todo respecto a las conductas seguidas por los diferentes ministerios a los que había que coordinar. Para ello se diseñó ese nuevo organismo en el contexto de la reforma administrativa general, que de hecho reforzaba la posición de poder organizativo del CSIC en el sistema de I+D; recuérdese que el secretario general del CSIC actuaría como secretario de la Comisión Asesora, por no mencionar la circunstancia de que el presidente de la Asesora fuese Lora, secretario del PJC. Todo ello se produce en el contexto de la formación de la idea moderna de la política científica.

Aunque la denominación Comisión Asesora, acorde con las modas anglosajonas de la época sobre el asesoramiento científico, podría dar lugar a equívocos, la nueva norma significaba entregar la competencia política (definición de los programas y de los objetivos de interés nacional y la coordinación interdepartamental) al ministro subsecretario de la Presidencia, que era el proponente del Decreto. Pero, en la práctica, la competencia se compartía entre Presidencia del gobierno y el csic, dado que aunque los créditos presupuestarios y el poder de fijar los objetivos estarían en Presidencia, el CSIC garantizaba la infraestructura administrativa para la toma de decisiones.⁵⁴

⁵³ El asunto se señala por partida doble en OCDE (1964) y OCDE (1970). En este último se reconocía que la Comisión Asesora no fue verdaderamente operativa por ausencia de medios propios.

⁵⁴ De hecho los estudios para poner en marcha la Comisión Asesora y luego, financiados por ésta, los primeros estudios de organización de la actividad investigadora de carácter aplicado se realizaron en el PJC (debo esta observación a S. López).

La composición de la Comisión se parecía a una interministerial, en el sentido de que había representantes de los ministerios y de los operadores relevantes en la investigación y desarrollo técnico. El presidente se designaba a propuesta conjunta de los ministros subsecretario de la Presidencia y de Educación Nacional, y habría vocales de los ministerios de Hacienda, Gobernación, Obras Públicas, Educación Nacional, Industria, Agricultura, Comercio y Vivienda, así como de otros organismos tales como el INI, el Consejo de Economía Nacional, la Oficina de Coordinación y Programación Económica (creada en la Presidencia del gobierno por el mismo decreto de 25 de febrero del 1957), así como con representación directa de algunos patronatos del CSIC, tales como Juan de la Cierva, Alonso Herrera o Santiago Ramón y Cajal que, como ya se ha dicho, eran casi organismos autónomos dentro de la estructura del CSIC e incluso alguno, como el de Juan la Cierva, disponía de recursos propios que representaban la mitad de los del CSIC.⁵⁵

Sin embargo, en la formulación de objetivos concretos los que se enunciaban se relacionaban con ideas tales como sacar a la ciencia de la acumulación de conocimientos -aunque es necesario decir que no se preocuparon tanto de la misma como de la promoción de la jerarquía académica- y utilizar o transferir los saberes disponibles para su uso en la producción industrial. Esta formulación, asociando la investigación a su aplicación, se plasmaba también en la designación de los vocales de la Comisión, que serían nombrados entre "personalidades destacadas de la ciencia, técnica y economía"; científicos sí, pero junto a ingenieros y economistas. El carácter de organismo de carácter exclusivamente político-planificador quedaba claro, dado que se afirmaba, para delimitar las funciones de la Comisión, que "no podrá tener centros propios de investigación, sino que las investigaciones programadas de acuerdo con sus propuestas se desarrollarán precisamente en los organismos de investigación científica ya constituidos" (art. 6).

La Comisión tenía unas misiones que se concretaban en objetivos tales como:

- a) estudiar y proponer al gobierno o a los ministerios interesados planes de investigación elaborando con ellos los programas concretos [...];
- b) formular planes de las nuevas direcciones de investigación [...];
- c) estudiar el actual financiamiento de la investigación científica técnica y proponer las medidas necesarias para su debida satisfacción;
- d)

Véase sobre este asunto López García (1994) y Santesmases y Muñoz (1993).

Informar en todo momento sobre el desarrollo de la investigación científica técnica [...] proponiendo las medidas necesarias para su adecuado desenvolvimiento, e) asesorar a los ministerios interesados [...]; f) proponer los medios conducentes a fomentar en la industria, de manera eficaz, la investigación propia (art. 2).

Así pues, lo que podría interpretarse como la pérdida de las competencias en materia de política científica por parte del CSIC representó, desde mi punto de vista, la primera construcción de las competencias específicas de la política científica para la Administración del estado; y estos desarrollos a la vista de la colaboración entre Presidencia y el CSIC se produjeron en los términos de un compromiso negociado.

El primer paso, por tanto, de la construcción de la idea moderna de política científica como planificación y programación fue el traspaso o, más exactamente, la reinención de la competencia de coordinar la investigación científica técnica (que nominalmente se le asignó en 1939 al Consejo Superior de Investigaciones Científicas) para una Comisión Asesora de Investigación Científica Técnica (Ministerio de la Subsecretaría de la Presidencia) que tenía que poner orden (con determinación de objetivos y con medios presupuestarios) en el creciente número de centros que habían aparecido. La nueva idea de política científica sustituía la concepción de la acción estatal en apoyo de la investigación a través de la creación de centros por la de actuar a través de proyectos o programas de investigación promovidos directamente por los organismos burocráticos del estado. El principio de acción del estado por medio de la delegación se modificaba porque ya no se delegaba la política directamente en los centros, sino en organismos intermedios.

La creación de la Comisión Asesora no afectó directamente a la organización de los centros, competencia de los diversos ministerios o del csic, sino solamente a la distribución de competencias y a la estructura de la toma de decisiones en cuanto a la definición de objetivos y programas científico-técnicos prioritarios, así como a la asignación de nuevos, siempre escasos, recursos. Se trasluce también la influencia que se produce, desde Francia en particular, a través de la intervención estatal por medio de grandes proyectos tecnológicos.⁵⁶

⁵⁶ Véase la descripción de la evolución del estado en la investigación y tecnología en Francia en Mustar (1994), o una formulación más generalista que Rip (1990) hace del papel de los programas tecnológicos.

La efectividad de las acciones de política científica de la Comisión Asesora iba a depender, por no mencionar la disponibilidad de recursos financieros, de las relaciones entre Presidencia del gobierno (ministro subsecretario) y el ministro de Educación Nacional, dado que el organismo de investigación más importante dependía de este último Ministerio. La complejidad de la solución adoptada, el necesario equilibrio interdepartamental y el esfuerzo coordinador, pasarán a ser elementos constantes de peripecias posteriores y de las acusaciones de falta de efectividad que desde la OCDE se hacían al funcionamiento de la Comisión Asesora.

En los primeros momentos la Comisión Asesora dependía del Ministerio de Subsecretaría de la Presidencia del Gobierno, sin embargo la responsabilidad se transfirió luego a la Comisión Delegada del Gobierno de Política Científica y más tarde, en la crisis de los setenta, al Ministerio de Educación, que era la organización de la que dependían los mayores operadores de la I+D en esos años: universidades y CSIC.

Volviendo por un momento a la retórica del franquismo en relación con la ciencia, sólo puedo señalar un hecho simbólico de la voluntad de modernidad del régimen tal y como quedó plasmada en el punto doce de la Ley de Principios Fundamentales de 17 de mayo de 1958, donde se subrayaba el carácter de objetivo nacional que tenía el patrocinio de la investigación científica.

Nuevas herramientas en favor de la investigación al servicio del desarrollo

Los desarrollos normativos son un punto esencial en el descubrimiento de la voluntad de los decisores públicos y de su capacidad de acción, aunque deben complementarse con interpretaciones de los procesos subyacentes y con datos sobre el funcionamiento del sistema de I+D. Sin embargo, en sistemas no democráticos las normas suelen reflejar mejor la distribución de poder entre los actores y los procesos, al margen de ser una de las escasas fuentes disponibles.

Los primeros pasos hacia una movilización de la investigación en el proyecto de desarrollo económico comenzaron a manifestarse con la creación de nuevos instrumentos de acción y la propia reorganización de las competencias políticas sobre la programación de la I+D.

Por ejemplo, un primer indicador de las nuevas y reforzadas preocupaciones fue el Decreto 1765/1961 de 22 de septiembre,⁵⁷ por el que se creaban las *Asociaciones de Investigación*, como "medio de estimular el desarrollo de la investigación en la industria", de modo que, se decía en el preámbulo,

[...] encargada la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica de la Presidencia del Gobierno de programar las investigaciones que hayan de desarrollarse en España, así como de procurar el fomento de las investigaciones en la industria, es procedente confiar a ella la promoción de tales Asociaciones de Investigación.

La medida de creación de estas Asociaciones tenía como objetivo principal el desarrollo de programas de investigación de interés común para las empresas de un sector, de cuyos resultados se podían beneficiar, sin preferencia alguna, todas las empresas interesadas contribuyendo a desarrollar la llamada investigación cooperativa. El PJC intentó crear asociaciones según el modelo británico, y de hecho el Instituto del Hierro y el Acero fue una asociación hasta que se creó ENSIDESA, que absorbió buena parte del Instituto.⁵⁸ Globalmente, desde 1962 hasta 1980 llegaron a formarse 29, de las cuales una mayoría (entre 16-18) eran activas y funcionaban de modo razonable. Con posterioridad su fórmula fue actualizada para procurar el mejor aprovechamiento posible de los recursos humanos, personal científico y técnico de que disponían.⁵⁹

Otro hecho decisivo, no ligado directamente con la política científica pero con importantes efectos sobre ella, fue la creación en 1962 de la *Comisaría del Plan de Desarrollo*, cuyas competencias se extendían sobre toda la actividad económica y social del país. En los dos primeros Planes de Desarrollo se introdujo un capítulo sobre "desarrollo y programación de las actividades de I+D". Laureano López Rodó fue nombrado comisario general del Plan de Desarrollo y en julio de 1962 se constituía nuevo gobierno con Lora Tamayo en Educación, López Bravo en Industria, Muñoz Grandes en la vicepresidencia del

⁵⁷ El decreto sería modificado con posterioridad por decreto 1012/1970 de 9 de abril y R.D: 2516/1980 de 17 de octubre.

⁵⁸ Debo este comentario a S. López.

⁵⁹ Una cierta recopilación de las actividades se hace en CAICYT (1984), y puede mencionarse Mateo (1975).

gobierno y Fraga en Información y Turismo, continuando los mismos responsables en los ministerios económicos.

La creación y diseño de la política científica, o mejor su asentamiento institucional en la Administración Pública, avanzó con la nueva reorganización del sistema de toma de decisiones y asignación de recursos que se produjo con la creación, por Decreto 893/63 de 25 de abril, de la *Comisión Delegada del Gobierno de Política Científica*. La argumentación del Decreto insistía en la necesidad de desarrollar "la coordinación y colaboración estrecha de Ministerios interesados en [...] materia de investigación científica y técnica", además de que la experiencia de países extranjeros de un nivel de necesidades y posibilidades más próximo al nuestro abona también la conveniencia de que la política científica del estado sea orientada por un órgano adecuado y especializado, con rango ministerial y composición reducida, pero suficiente para abarcar los Departamentos cuya coordinación resulta más indispensable.

En este Decreto la influencia del discurso que se construía en esos años en la OCDE se manifestaba con claridad, especialmente cuando se hablaba de la necesidad de una "política científica del estado".⁶⁰ Lo cierto es que en el caso español una acumulación de elementos hace suponer que la investigación era importante porque estaba al servicio del desarrollo económico.

La Comisión Delegada de Política Científica se había creado, dentro del Consejo de Ministros, "para orientar y coordinar la política del Estado en el fomento de la investigación científica y técnica" (art. 1). La Comisión quedaba formada por "el Vicepresidente del Gobierno y los Ministros de Hacienda, de Gobernación, de Obras Públicas, de Educación Nacional, de Agricultura, de Industria, de Comercio y Subsecretario de la Presidencia del Gobierno" (art. 2).

El objetivo de la medida era dar cohesión, unificar propuestas y planes, coordinar la acción, y para ello la Comisión Delegada de Política Científica podía utilizar la Comisión Asesora como órgano consultivo, así como modificar su funcionamiento o composición. A diferencia de la Comisión Asesora, cuyo soporte era facilitado por el CSIC, la nueva Comisión Delegada estaba dotada de la infraestructura administra-

⁶⁰ Hay que recordar que el llamado informe Piganiol se había elaborado en 1961, por el grupo *ad hoc* en política científica de la OCDE y que la primera reunión de ministros de la OCDE responsables de ciencia se produjo el 3 y 4 de octubre de 1963.

tiva y técnica del Ministerio de la Subsecretaría de la Presidencia del Gobierno⁶¹ y aparecía como una respuesta a las críticas hechas desde la OCDE sobre la falta de eficacia que los organismos responsables de la política científica habían manifestado en España.

A pesar del éxito de la estabilización económica y del notable impulso al desarrollo económico, el reforzamiento de los mecanismos para la definición de la política científica del estado no significó un cambio drástico de la situación de la I+D; de hecho la situación material de las actividades de investigación científico-técnica se encontraba, en España, bajo mínimos. Para el año 1964, las estimaciones más favorables del gasto en I+D en relación al PIB, realizadas a través de una encuesta estadística muy criticada en lo referente a la inclusión del sector empresas, no alcanzaban el 0,19 por ciento; el bajo nivel del gasto no debía extrañar dada la dependencia total de estas actividades del estado y el subdesarrollo del sector público en relación al conjunto de la actividad económica. Mientras que las tres cuartas partes del gasto español en I+D se realizaban en el sector público, la parte de la renta nacional gastada por el sector público apenas representaba en torno al 15 por ciento del PIB.⁶²

A mediados de los sesenta los hombres afines al Opus Dei estaban en las principales posiciones del estado en relación con la ciencia y tecnología española: Albareda seguía en la Secretaría General del CSIC, Lora Tamayo -que había hecho su carrera en el CSIC de la mano de Albareda aunque negaba su pertenencia a la Obra- era ministro de Educación, López Bravo era ministro de Industria y López Rodó actuaba como comisario general del Plan de Desarrollo, por tanto, puede suponerse que las relaciones entre los miembros de esa organización están en el centro de la explicación de la política científica de esos años.

Explicar los escasos resultados materiales de la evolución bien puede hacerse sobre la base dar respuesta a algunas preguntas: ¿en qué medida la llegada del Opus al gobierno significó un recorte del peso del csic en el sistema de I+D o un compromiso?, ¿hasta qué punto la existencia de dos ideas o modelos de acción para la investigación científica y el desarrollo tecnológico suponía una tensión constante en el funcionamiento del sistema?, ¿en qué medida las batallas poste-

⁶¹ Es lo que estaba determinado en la Ley de Régimen Jurídico de la Administración del Estado de 26 de julio de 1957 (arts. 6, 7 y 11).

⁶² OCDE (1971).

riores entre Educación y la Comisaría del Plan, con los intereses que cada uno movilizaban, pudieron haber determinado el bloqueo del desarrollo de las acciones de política científica? o, simplemente, ¿hasta qué punto frente a las manifestaciones en favor de la investigación y la tecnología se imponía la dura realidad de la debilidad económica y fiscal del estado?

Los gobiernos desarrollistas de los tecnócratas estructuraron su acción a través de un mecanismo importado: los *Planes de Desarrollo*. A finales de 1963 se aprobó el Primero, cuya vigencia fue de 1964-1967, que en el campo de la investigación y el desarrollo tuvo como objetivo fundamental el impulso de la infraestructura científica.

Continuando con el activismo tecnocrático, y en este contexto de orientar y programar, por decreto de 16 de octubre de 1964, se creó el *Fondo Nacional para la Investigación Científica* como "oportuna" conmemoración del xxv aniversario de la creación del CSIC,

[...] con el fin de disponer de recursos excepcionales destinados a impulsar y estimular acciones combinadas de investigación científica que no pudieran ser atendidas con los medios regulares de financiamiento de los Centros de Investigación" (art. 1).

El Fondo, dotado inicialmente con 100 millones de pesetas provenientes de los recursos de la Ley 194/1963 de 28 de diciembre por la que se aprobó el Plan de Desarrollo Económico y Social, se aplicaría a: 1) subvencionar planes coordinados de investigación [...] 2) adquirir material experimental o bibliográfico extraordinario, necesario para la investigación científica [...] 3) subvencionar estancias en el extranjero [...] 4) contratar temporalmente a científicos [...] (art. 2). La configuración instrumental de los medios de la política científica moderna quedaría establecida de forma nítida en el contenido de ese decreto. Las herramientas típicas de acción del estado en términos de financiación permanecerán ya, con escasas variantes, en los años venideros: financiación de proyectos, financiación de infraestructura, financiación de becas en el extranjero, financiación de la contratación temporal, etcétera.

Así, la promoción de la investigación y sus instrumentos de apoyo específicos, que tradicionalmente habían sido coto exclusivo del funcionamiento interno de los actores y operadores de la I+D, comenzaban a escapar de las manos de gestores y responsables de los organismos de investigación y universidades, para desarrollarse más activamente en manos de los planificadores gubernamentales que, a partir de ese momento, se enfrentarán a la toma de decisiones de acuerdo a los objetivos o las prioridades definidos. Sin embargo, a al-

gunos ha llamado más la atención el hecho de que esas intervenciones respondían a los intereses particulares de los colectivos de clientes con acceso (siempre se dijo que la Obra disponía de acceso y trato privilegiado). En todo caso, estos cambios fueron significativos por los efectos de creación de nuevos procedimientos y rutinas, aunque quizá la mayoría de esos fondos fuesen finalmente destinados a subsanar la mala situación de los centros en esa coyuntura.

La administración de ese nuevo Fondo correspondía a la Comisión Delegada de Política Científica, la cual resolvía las solicitudes de financiación, previo informe de la Comisión Asesora (art. 6). La asignación de recursos para actividades científica y técnica se hacía de forma selectiva, como mandaban las recetas de la OCDE, a partir de los objetivos formulados. De este modo, en la Administración española se habían desarrollado por primera vez en su historia competencias y colectivos de burócratas cuyo campo de acción era la ciencia, frente a la situación anterior en la cual solamente investigadores y responsables de los centros de investigación jugaban papeles significativos.

A lo largo del I Plan de Desarrollo se produjeron algunos cambios en la situación política dignos de comentario, como el nombramiento como ministro de López Rodó, en julio de 1965, o que, en julio de 1967, cesó Muñoz Grandes como vicepresidente del gobierno, siendo nombrado en septiembre de ese año para el puesto Carrero Blanco. Sin embargo, la situación real de las actividades de ciencia y tecnología no parecía haber mejorado mucho. Aunque entre 1964 y 1967 se reflejaba un aumento del esfuerzo hasta 0,29 del PIB, éste se atribuía más a una mala contabilidad en el año de origen que a un aumento real.⁶³ Es más, en esos años se estimaba que la situación se había estancado o incluso empeoraba, como se podía deducir de otros indicadores, como la evolución del personal de los centros de investigación. Algunos de los problemas endémicos que se afrontaron con medidas de urgencia en 1963, tales como sistema de trabajo a tiempo completo o la creación del puesto de investigador, entraron en crisis desde 1965, como resultado de la trasmisión al campo de la investigación de la política de austeridad comenzada tras el rebrote de la inflación y del déficit exterior y presupuestario a mediados de los sesenta.

Signos de voluntad reformista hubo muchos como, por ejemplo, cambios en los órganos a cargo de la política, como el que se produ-

En un argumento que se afirma en OCDE (1971).

jo poco después de la Segunda Conferencia Ministerial de la OCDE en 1966, cuando se rebautizó al Ministerio de Educación como Ministerio de Educación y Ciencia, siendo dotado de una Subsecretaría de Enseñanza Superior e Investigación. Sin embargo, el habitual *quiero y no puedo* se impuso y la experiencia duró poco, dado que la misma fue suprimida en el marco de las medidas de austeridad de finales de 1967, tras la devaluación de la peseta. Otros actos menos conocidos, que eran parte de las reformas pendientes en el CSIC, estaban en curso, como por ejemplo el Decreto 3055/1966 que modificó el Reglamento del csic o el Decreto 2179/1967 de 19 de agosto sobre reglamento de coordinación entre centros de enseñanza superior y de investigación, por los cuales se otorgaba a la institución -CSIC- un papel más claro en la estrategia y en la política científica del estado.

Hay que formular una explicación de la debilidad científica y técnica y de la frágil voluntad política de los sucesivos gobiernos relacionando ésta con la escasez de la base fiscal del estado, derivada de la carencia de un sistema impositivo moderno construido sobre impuestos directos, progresivos y generales. De esto se podría deducir que la expansión de la base fiscal del estado⁶⁴ es condición necesaria, que no suficiente, para el desarrollo de intervenciones coherentes y sistemáticas en ciencia y tecnología.

El II Plan de Desarrollo (1968-1971), ya con Lora Tamayo sustituido como ministro de Educación y Ciencia por Villar Palasí, introducía medidas para promover el crecimiento de los efectivos de investigación y estimular la expansión de la investigación en las empresas privadas. Se aumentó a 200 millones al año la dotación del Fondo, se procuró la mejora de la infraestructura de personal e instalaciones, así como el fomento de la investigación en la industria por medio de la fórmula de los *Planes Concertados de Investigación*,⁶⁵ un mecanismo por medio del cual el estado participaba finan-

⁶⁴ Obviamente nos referimos a la capacidad general de recaudación del estado, porque el PJC imponía exacciones y tasas parafiscales sobre los tres sectores productivos (sider-metalurgia, cementos y minería del carbón) que podían llegar a suponer del 0,5 al 1 por ciento de las ventas. La recaudación iba directamente a los tres Institutos del PJC (Instituto del Hierro y Acero, Instituto del Carbón e Instituto Torroja). Parece que los sectores afectados se quejaban de que estos recursos se empleaban en investigaciones que favorecían exclusivamente al INI (comentario que debo a S. López).

⁶⁵ El decreto de 6 de junio 1410/68 regulaba los Planes Concertados.

cieramente en proyectos de I+D de las empresas asumiendo hasta un 50 por ciento de sus costes; a la vez se impulsaba la investigación a través de un programa de financiación de proyectos y becas. A través de los planes concertados se quería reforzar el papel de la investigación empresarial e incentivar la colaboración del sector público investigador con la industria. Se profundizaba la visión por la cual el estado debía ser el promotor de la investigación en las empresas, procurando, al mismo tiempo, el beneficio general y la creación de una infraestructura investigadora en la industria privada. La fórmula contribuyó, sin duda, a promover iniciativas de I+D en las empresas, aunque se ha señalado que la colaboración entre empresas y centros de investigación en general favoreció unos contactos basados en la subcontratación de servicios. Por otro lado, las empresas denunciaban una cierta lentitud en las operaciones burocráticas de convocatoria, selección y financiación.

En el momento final del II Plan, el decreto 2011/1971 de 23 de julio convertía a la Comisión Asesora en el órgano de trabajo de la Comisión Delegada del Gobierno para Política Científica y le correspondía, especialmente como órgano de enlace entre los distintos Centros Estatales de Investigación Aplicada y Tecnológica y dicha Comisión Delegada, la propuesta a ésta de los criterios generales para la unificación de los planes de los organismos dependientes de los distintos ministerios y para la coordinación de los mismos con los programas de investigación científica y desarrollo tecnológico contenidos en los Planes de Desarrollo Económico y Social (art. único).

A estas alturas del relato es necesario llamar la atención sobre el desarrollo de un conflicto latente en las relaciones entre la investigación y el estado, entre la reconstruida comunidad científica y académica y los planificadores del desarrollo, que veían la I+D subordinada al proyecto de desarrollo económico.

Este conflicto en la percepción de sus intereses por parte de los distintos actores del sistema comenzó a salir a la luz, especialmente las discrepancias de puntos de vista entre la Comisaría del Plan y el Ministerio de Educación y Ciencia, sobre el papel y la estrategia que el plan otorgaba a la ciencia. El sistema de someter la I+D al desarrollo económico y social y la definición de objetivos no parecía satisfacer a los académicos y universitarios, a la vista de las críticas al funcionamiento de los Planes de Desarrollo anteriores. Se criticaba "la manera misma en que ha sido tratado el problema del papel de la investigación con ocasión de la elaboración y redacción del texto del

Plan"⁶⁶ donde ni los hombres de ciencia, ni la opinión de los científicos fueron integrados. Los investigadores académicos comenzaban a solicitar y a demandar de forma sistemática que, frente a la administración de la economía (el Plan de Desarrollo), el Ministerio de Educación y Ciencia se convirtiese en su portavoz.

Entre las "observaciones críticas sobre la forma en que se había contemplado entonces la integración de la investigación en el Plan", la OCDE señalaba las referidas a la insuficiencia de fondos dado que

[...] el interés que el Plan de Desarrollo Económico y Social ha consagrado a la investigación científica y al papel que podría y debería jugar en la expansión económica de España ha permanecido en estado de declaración de intenciones y no ha sido seguido de ninguna aplicación concreta. Se puede encontrar la prueba de ello no sólo en la suma total muy débil de los fondos (1.685 millones de ptas, 0,5% del total de las inversiones públicas que estuvieron a cargo del Plan).⁶⁷

Esta situación de inadecuación entre expectativas y asignaciones presupuestarias había llegado a la situación grotesca en el II Plan en donde de los 41.146 millones de pesetas solicitadas, sólo fueron acordadas para inversión en investigación 6.358 millones. A pesar de ello la OCDE reconocía un cierto cambio de actitud en la preparación del III Plan, en lo que se depositaban grandes esperanzas, transformándose la Comisión de Investigación en un mecanismo de mayor rango como era la Ponencia de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.

Sin embargo, el problema estructural de la I+D en España y de la política del estado hacia ella seguía siendo la estrechez de la fiscalidad, dado que "ésta no ha alcanzado sino un 12 por ciento más o menos del PNB de España, mientras que la proporción media se eleva a un 30 por ciento en cuanto al conjunto de los países miembros de la OCDE".⁶⁸

Para hacer viable la propuesta de la OCDE de fijar el objetivo al final del III Plan de un 1 por ciento del PIB dedicado a I+D, se estimaba necesaria una asignación de unos 5.000 millones de pesetas por año, lo que significaba un 1,4 por ciento de los gastos presupuestarios anuales. Las cifras eran consideradas insoportables por el Ministerio de Hacienda, por lo que los autores de la OCDE hicieron una declaración formal:

⁶⁶ OCDE (1971: 49).

⁶⁷ OCDE (1971: 45-46).

⁶⁸ OCDE (1971: 68).

Nos vemos, sin embargo, obligados a declarar claramente que si España no está dispuesta a afectar una cantidad semejante a la inversión (0,25 por 100 de su PNB a partir de las cajas del estado, al cual se añadiría un 0,25 por ciento de contribución directa del sector privado) es inútil hablar seriamente de política de investigación o intentar programar tales actividades en el marco de los planes de desarrollo con la esperanza de obtener un impacto cualquiera sobre la realidad económica y social.⁶⁹

El III Plan de Desarrollo⁷⁰ 1972-1975 acentuó el cambio de óptica orientándose la acción fundamentalmente hacia el desarrollo tecnológico y centrándose en "grandes proyectos" de carácter sectorial. Las ambiciones de los planificadores eran grandes, dado que se señalaba el objetivo, para 1980, del 2 por ciento del PIB en I+D, con un mínimo del 0,8. Pero el abismo entre las demandas y lo financiado realmente no cambió, especialmente a partir de que los efectos del shock del petróleo se dejaron sentir. Así pues, la capacidad de financiación de la política científica no experimentó mejoras y siguió arrastrando una vida lánguida, sometida a fuertes ciclos, a pesar de que existía una voluntad manifiesta de incrementar la contribución estatal al fomento de la investigación científica y técnica. El problema de fondo era que el estado español carecía de una Hacienda moderna, como evidencia el hecho de que la primera Ley fiscal, que hacía de los impuestos directos y progresivos su base, sólo llegaría en plena transición democrática.

Las actuaciones encaminadas a marcar los perfiles de una política científica y tecnológica y a incrementar la financiación de la I+D en España colapsaron totalmente cuando quedó en suspenso el IV Plan de Desarrollo (1976-1979) de modo que las previsiones de éste en inversiones públicas en I+D durante ese cuatrienio no fueron recogidas en las leyes presupuestarias anuales. Esta situación colocó a la investigación científica y técnica española al borde del caos, justo antes de haber conseguido unas cotas mínimas para despegar. De este modo, la ciencia y la tecnología eran otra vez, en España, víctimas de las circunstancias económicas. Aunque, esta vez, la nueva crisis en el de-

⁶⁹ OCDE (1971: 68).

⁷⁰ Véase Presidencia del Gobierno (1972), donde se recogen resumidos los trabajos y análisis de la Ponencia de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.

sarrollo de la recién creada política científica del estado llegaba en un contexto internacional de reducción del esfuerzo en investigación y desarrollo en los países más desarrollados.⁷¹

Aunque el discurso insistía en el impulso de la investigación empresarial y en el desarrollo de la política tecnológica, la actuación dominante del estado, si se observan los recursos aplicados, se seguía produciendo a través de transferencias directas a los centros de investigación públicos (entre los que, además del CSIC, la Junta de Energía Nuclear -JEN-, el INIA y el INTA eran los más importantes). Pero, al mismo tiempo, los académicos se lamentaban de que la mayoría de los fondos para el fomento de la I+D se había destinado al desarrollo tecnológico industrial.

Los protagonistas institucionales de la política de I+D de esos años habían sido la Comisaría del Plan de Desarrollo y el Ministerio de Educación y Ciencia, mientras que el Ministerio de Industria había estado al margen de la promoción tecnológica -quizá con la única excepción del desarrollo de la energía nuclear a través de la JEN-. Además, la actuación del Ministerio de Industria estaba mediatizada por la existencia del INI, que mantenía algunos centros de investigación importantes como por ejemplo el CETA (Centro de Estudios Técnicos de la Automoción), CETME o la Empresa Nacional Calvo Sotelo.

A pesar de los mejores deseos, la situación de la investigación y desarrollo tecnológico, durante el periodo 1967-1975, no varió sustancialmente, dado que el esfuerzo español en I+D quedó situado en torno al 0,3 por ciento del PIB, uno de los más bajos de todos los países del entorno OCDE, llamando la atención el excepcional déficit tecnológico especialmente en relación con los gastos de I+D.⁷²

3. Los legados del franquismo: instituciones, ideas e intereses

En políticas públicas, nos guste o no, son infrecuentes las revoluciones. La herencia, el registro de lo ocurrido años atrás, pervive más allá de los deseos de los voluntariosos reformadores. En los campos concretos de las políticas públicas (*policy domains*), incluso tras grandes procesos de sustitución del personal político, la gente

⁷¹ Por ejemplo Momigliano (1983) señalaba la existencia de una reducción significativa, pública y privada, en la financiación de la I+D en los países de la OCDE a partir de la crisis económica.

⁷² Véase Martín y Rodríguez Romero (1978).

(los equipos humanos en conjunto) que llega a las responsabilidades rara vez desconoce el tema o carece de algunas ideas, presentes en los debates del momento, por no decir que puedan ser parte interesada. En definitiva, la gente tiene historia y la historia aporta un campo de juego compartido que puede caracterizarse por un legado institucional en el que quedó registrado el pasado, unos intereses que crecieron de la mano de los balbuceos de la política pública y que han definido sus preferencias con relación a las instituciones existentes e, incluso, un conjunto de ideas y modelos sobre los objetivos y las formas de intervención del estado en el campo concreto de la política científica y tecnológica.

Las guerras son coyunturas críticas, puntos de partida que con sus peculiaridades dejarán un legado que marca el futuro, pero también se ven influidas por el pasado a través de los actores sobrevivientes y de las ideas de las que son portadores. Un ejército de ocupación victorioso quizá esté capacitado para intentar proceder a un rediseño de las instituciones, pero si los encargados del mismo son ciudadanos que crecieron en el mismo país difícilmente olvidarán los fantasmas del pasado. Eso ocurrió, en gran medida, en el caso de la investigación científica española tras la guerra civil.

La guerra civil supuso la liquidación física de la incipiente comunidad científica que alrededor de una institución singular, la Junta para la Ampliación de Estudios, había crecido en España en los años veinte y treinta. Pocos investigadores de prestigio se quedaron a trabajar en la España de Franco, alineada por entonces con las potencias fascistas. La muerte, la emigración o las depuraciones descapitalizaron los centros de investigación de la JAE, que, sin embargo, al terminar la guerra disponía de un importante patrimonio.

El reparto del botín de la disuelta JAE, y sobre todo sus propiedades, se convirtió en un elemento de interés para las diferentes familias franquistas que pugnaban por influir en la reconstrucción de las élites del régimen. En el gobierno nombrado el 9 de agosto de 1939 José Ibáñez Martín se hizo cargo del Ministerio de Educación Nacional y éste, tratando de evitar la designación de personas muy significadas políticamente, encargó el asunto a José María de Albareda, químico y antiguo pensionista de la JAE, con quien había convivido durante meses de encierro en una embajada extranjera en el Madrid de la Guerra Civil.

Si puede decirse que la designación de Albareda para la reorganización de lo que quedaba de la JAE fue un hecho aleatorio, su experiencia personal como pensionista en Alemania y la herencia de los

más de 30 años de historia intelectual e investigadora de la JAE pesaría como una losa sobre sus actos. Había que adaptar al menos la retórica a los tiempos de oscurantismo y poner el árbol de la ciencia al servicio de la cristiandad y de la patria franquista.

La Ley de constitución del CSIC expresaba ese compromiso entre la promoción de la investigación a través de los centros que le quedaban adscritos o de los que pudiera crear, de la labor de orientar y coordinar la investigación científica nacional y de la "vinculación de la producción científica al servicio de los intereses espirituales y materiales de la Patria". Desde la Secretaría General del CSIC Albareda se dedicó fundamentalmente a lo primero. Su modelo de acción para el fomento de la investigación científica respondía a su aprendizaje en la JAE y a las prácticas de la época (creación de centros de investigación, reclutamiento de investigadores de entre los profesores universitarios, concesión de becas y ayudas para formarse en el extranjero, etc). Dicho en términos modernos, se podría decir que el propósito de sus acciones era desarrollar centros de investigación académica, aunque algunos señalan que lo que se desarrolló, en esos primeros años, fue sobre todo un colectivo de interesados en la jerarquía académica más que un colectivo de verdaderos investigadores.

Pero el régimen contaba con una nueva élite que había surgido de las comisiones de movilización, donde los ingenieros militares habían cultivado el gusto por la tecnología y la preocupación por la aplicación militar de los desarrollos industriales. Estos hombres, entre los que destacaron Juan Antonio Suances o Joaquín Planell, promoverían a lo largo de los años cuarenta y cincuenta la industrialización por imperativos de defensa nacional. Estos ingenieros militares, creadores del INI y responsables de la industria nacional durante muchos años, llevarán al CSIC las preocupaciones que se derivaban de la necesidad de solucionar problemas tecnológicos concretos. El creado Patronato Juan de la Cierva (PJC), encargado de las investigaciones de carácter técnico industrial, se vería fuertemente potenciado, tanto que llegaría a representar aproximadamente la mitad de los recursos totales del CSIC. La *interferencia* de los emprendedores políticos de la industrialización subvertiría definitivamente la posibilidad de circunscribir las actividades al campo de la investigación científica (académica).

Sin comunidades científicas fuertes, sin la activación de los intereses de los investigadores más académicos, la fuerza de los ingenieros militares desplazó en esos años el CSIC hacia el lado tecnológico. Con el paso de los años se consolidaría esa división interna del csic entre el lado científico y el tecnológico que, a pesar de

la victoria final de la parte académica en la reunificación de los Patronatos y en la reforma del Reglamento a mediados de los setenta, aún pervive.

Mientras tanto la política de becas de formación en el extranjero había comenzado y, sobre todo tras la firma de los Acuerdos de Amistad con los Estados Unidos en 1953, la primera generación de científicos e ingenieros residentes en España comenzaría a salir para recibir formación. A finales de esa década comenzaron a regresar los primeros, formados en las mejores universidades americanas, que se encontrarían a su regreso con la desolación y la falta de medios. Sin embargo, la financiación extranjera (fundamentalmente NIH, etc.) sirvió para comenzar a organizar de verdad los primeros grupos de investigación académica de la mano de los recién llegados. Los intereses de los investigadores científicos comenzaban a existir de nuevo gracias al impulso y el apoyo recibido en su estancia en el extranjero; la consolidación de grupos de investigadores y científicos irá delimitando los que potencialmente serán nuevos demandantes de recursos al estado.

Aunque había grupos privilegiados con financiación extranjera, los recursos ordinarios se distribuían en los centros de investigación por canales organizativos y jerárquicos internos. Hasta el final de la autarquía la lucha por los fondos para la investigación era el resultado de la negociación o presión interna, de ahí procedía el poder de Albarreda, quien controlaba la organización que era el CSIC. En esos años nadie tenía competencias, desde los despachos de los ministerios, para repartir abiertamente recursos, por otro lado casi inexistentes, a investigadores concretos.

Mientras que en la investigación tecnológica y aplicada los centros intentaban desarrollar tecnologías nacionales -parece que sin mucho éxito- para su uso productivo industrial, por entonces en España nadie debatía sobre la fijación de prioridades o la selección de objetivos para la investigación académica desde el exterior de los centros de investigación.

Sin embargo, las cosas seguían cambiando y en esa misma década el csic dejaba ya claramente de ser la institución por antonomasia en la investigación española. Desde casi todos los ministerios se habían creado o reorganizado centros que se dedicaban a la investigación en campos propios de su interés: el INIA, el INTA o la JEN eran los nombres de algunos de los competidores del csic. Así, a finales de los cincuenta podía considerarse que la descoordinación de la I+D era un problema y se podía señalar que el CSIC, absorbido por las labores

organizativas propias, no había hecho demasiado en favor del ambiguo papel de coordinación que oficialmente se le asignaba.

Los cambios llegaron de la mano de los nuevos tecnócratas del desarrollo económico que sustituyeron a los ingenieros militares. Los primeros pasos reformistas son fruto de tendencias internacionales (una política para la ciencia), situadas dentro de una preocupación general sobre el funcionamiento poco eficaz de la Administración del estado, pero intentando afrontar los dos nuevos problemas de la recién conceptualizada política científica de estado (la coordinación y las prioridades). Así surgirán las que serán instituciones políticas y los instrumentos ordinarios de la política científica y tecnológica moderna: la CAICYT, la Comisión Delegada del Gobierno para Política Científica, el Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Científica, los programas concertados, etcétera. Sin embargo, su configuración concreta será fruto de conflictos y negociaciones políticas en esos años. La Comisaría del Plan de Desarrollo sustituyó al INI en su papel central de las décadas anteriores. La Comisaría y los Planes de Desarrollo dependían de la Presidencia del gobierno.

La investigación y la tecnología hicieron su aparición dentro del discurso de política científica, pero de forma subordinada a los objetivos del desarrollo económico. Así pues la idea moderna de política científica y la evolución en su énfasis hacia la aplicación (la tecnología) en España surgió o se hizo viable dentro del estado, por iniciativa de los administradores del desarrollo, que imitaban los modelos y las prácticas que se proponían desde la OCDE.

El problema que se planteaba es que en España nunca antes había existido financiación estatal, de carácter concursal, para los científicos, cosa que sí se había dado en los países desde los que la política científica evolucionaba hacia política tecnológica. En esos países las instituciones estatales públicas o semipúblicas (como la NSF O los Councils) canalizaban muchos fondos hacia la investigación científica en las universidades y centros de investigación, y los investigadores españoles ya disponían de esa información y de esos modelos.

De modo que mientras las comunidades científicas de otros países, en los cincuenta y sesenta, obtuvieron financiación estatal abundante para sus actividades de la ciencia básica, el retraso español hizo que cuando llegó algo de financiación, ésta estuvo destinada en mayor medida para el desarrollo tecnológico que para la investigación básica. En el resto de países desarrollados europeos, sólo cuando se produjo la satisfacción de las necesidades y demandas de financiación para la comunidad científica, se desarrollaron los

suplementos de la intervención estatal que se destinaba a los programas tecnológicos.

La iniciativa de los burócratas administradores del desarrollo sentaba las bases para pasar a segundo plano la tradicional forma de hacer fomento de la I+D, basada en la transferencia directa de los recursos a los organismos de investigación y en su administración directa por la jerarquía científica. La vieja forma de acción respondía a la forma de una autoridad que emanaba de la reputación científica o del director del centro, mientras que la nueva política era resultado del ejercicio de responsabilidad política del gobierno en la programación del desarrollo. Estas dos formas pueden ser vistas como tipos ideales, pero son modalidades que conviven hoy y cuyos efectos sobre el funcionamiento de los actores y operadores suelen ser muy distintos.

En la década de los sesenta existirán por primera vez fondos para la investigación y desarrollo tecnológico distribuidos, desde la Administración del estado, al margen de los canales internos de los centros de investigación. Pero la decisión sobre el destino de estos recursos, administrados por la CAICYT y la CDGPC, estaría en manos de los tecnócratas de Presidencia del gobierno, que querían cumplir objetivos vinculados a los Planes de Desarrollo. Eso hizo que las empresas jugasen un papel importante en la captación de estos fondos.

Al final del período, los planificadores del desarrollo querían promover la investigación y el desarrollo tecnológico en favor del desarrollo económico y social, mientras que los investigadores académicos reorganizados (y liderados históricamente por los del csic) reivindicaban una política para la ciencia. La vuelta de las generaciones de becarios formados en el extranjero, que demandaban los recursos para practicar sus actividades de investigación, sería un elemento importante a la hora de reivindicar un cambio de orientación. La presión derivada del crecimiento demográfico de los investigadores comenzaba a crear un movimiento reivindicativo de demanda de recursos, frente al agravio comparativo de su puesta a disposición de las empresas. A finales de los sesenta, sometidos a los ciclos de ajuste presupuestario que hacían peligrar las actividades más esenciales, las críticas comenzaron a llover contra los planificadores del desarrollo por no asignar a la ciencia un papel suficientemente relevante, esto es, por someter la actividad de las élites científicas a las necesidades del desarrollo.

Pero los intereses y las reivindicaciones de la ciencia académica tuvieron que esperar, más allá de pequeños parches que solventaban problemas de emergencia en los centros de investigación. La *vendetta* de los académicos llegaría al comienzo de la transición a la demo-

cracia, cuando, como fruto de la crisis económica y en la vorágine política de entonces, se produjo la desaparición del organismo y de los instrumentos de la planificación del desarrollo y, por tanto, se abrió la puerta al cambio de dirección del fiel de la balanza hacia el Ministerio de Educación y Ciencia, en un momento en que aún el Ministerio de Industria no era activo en este campo. El ajuste de cuentas del CSIC científico contra el tecnológico también llegaría en estos años, en medio de la disolución de los Patronatos y la unificación en la Secretaría General del CSIC.

Al comienzo de la transición, además de la sustanciosa historia que se pueda narrar, se evidenciaban legados concretos que se habían formado durante el franquismo y que perdurarían hasta la llegada de los socialistas al Gobierno:

- Unos actores y operadores del sistema de I+D concentrados bajo la dependencia de los diferentes ministerios, con el csic jugando un papel aún central en el conjunto del sistema y el subdesarrollo de la investigación en la universidad.

- Una construcción institucional de la política científica y tecnológica asentada en un complejo equilibrio, pero que en lo fundamental se orientó al servicio de la política de desarrollo económico y social bajo la dirección de los burócratas desairrollistas y cuyas competencias técnico-administrativas se acumularon en la Comisaría del Plan de Desarrollo de Presidencia del gobierno.

- Unos investigadores académicos que habían comenzado a delimitar sus preferencias en relación con el contexto institucional existente, demandando más recursos, y que desarrollaron las estrategias que localizaron el asalto en favor de sus intereses en la CAICYT, al fin y al cabo órgano asesor que podía poseer las competencias técnicas para juzgar los problemas.

- Un patrón de tensión entre las ideas y modelos de acción de la política *científica*, que demandaban los científicos académicos (financiación para la I+D), y la política *tecnológica y de innovación* que, siendo parte de la estrategia de desarrollo, subordinaba los intereses de los académicos a los de las empresas o al menos a la colaboración con ellas.

- Incluso una segunda generación de emprendedores políticos en este campo específico, entre los que ya destacaba Mayor Zaragoza en el lado gubernamental, y un caldo de cultivo, en la oposición, de los que serían emprendedores políticos de la década siguiente.

- Y un ciclo característico de la evolución de las actividades de I+D asociado a la expansión y quiebra posterior de las posibilidades fi-

nancieros que será el auténtico talón de Aquiles de la política científica y tecnológica previa la transición a la democracia.

Las instituciones heredadas estaban ahí, los intereses desarrollaban ya estrategias y patrones de conducta reconocibles y las ideas que proponían soluciones ya habían llegado.

La circunstancia de que el mayor obstáculo para los intereses de los académicos fuera la ideología desarrollista, tal como la interpretaban ellos y, sobre todo, las capacidades político administrativas concentradas en la Comisaría crearía una situación singular cuando colapso el Plan de Desarrollo. La desaparición de la Comisaría del Plan abrió definitivamente la oportunidad para una nueva aproximación, más consistente con los intereses académicos, a la política científica. Sin embargo, la transición democrática y la aguda crisis económica provocarían un importante retraso; ni entrada en la agenda, ni recursos, ni capacidad política para afrontar los problemas.

Cuando la victoria del PSOE abrió las puertas a la política científica y tecnológica, a pesar de que la retórica sobre la aplicabilidad y transferencia de conocimiento era antigua, los investigadores científicos tenían demasiadas demandas insatisfechas, caldo de cultivo para la movilización y la lucha por los recursos públicos dentro de una vieja estructura institucional heredada que ya habían comenzado a colonizar, ü

Bibliografía

- Artigues, D. (1971), *El Opus Dei en España: su evolución ideológica y política*, París, Ruedo Ibérico.
- Boyer, R. (1987), *La teoría de la regulación. Un análisis crítico*, Valencia, Ediciones Alfons el Magnánim, 1992.
- Braña, J., Buesa, M. y Molero, J. (1984), *El Estado y el cambio tecnológico en la industrialización tardía: un análisis del caso español*, México-Madrid, FCE.
- CAICYT (1984), *Asociaciones de Investigación. Memoria 1983*, Madrid, MEO.
- Carreras, A. (1987), "La industria: atraso y modernización", en Nadal, J., Carreras, A. y Sudriá, C. (comps.) (1987), *La economía española en el siglo xx. Una perspectiva histórica*, Barcelona, Ariel, pp. 280-312.
- Catalán, J. (1993), *Fábrica y franquismo, 1939-1958. El modelo español de desarrollo en el marco de las economías del sur de Europa*, Barcelona, Tesis doctoral de la Universidad Autónoma de Barcelona.
- Dahrendorf, R. (1965), *Society and Democracy in Germany* Garden City, Nueva York, Anchor Books, 1969.
- Feldman, G. D. (1987), "The poilitics of *Wissenschaftspolitik* in Weimar Germany: a prelude to the dilemmas of twentieth-century science policy", en

- Maier, Ch. S. (ed.) (1987), *Changing boundaries of the political*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 255-285.
- Fraile Balbín, P. (1991), *Industrialización y grupos de presión. La economía política de la protección en España 1900-1950*, Madrid, Alianza Universidad.
 - Gallo, M. (1969), *Historia del franquismo*, París, Ruedo Ibérico.
 - García Delgado, J. L. (1987), "La industrialización y el desarrollo económico de España durante el franquismo", en Nadal, J., Carreras, A. y Sudriá, C. (comps.) (1987), *La economía española en el siglo xx. Una perspectiva histórica*, Barcelona, Ariel, pp. 164-189.
 - García-Delgado J. L. y Segura, J. (1977), *Reformismo y crisis económica. La herencia de la dictadura*, Madrid, Ed. Satés.
 - Garma, S. y Sánchez Ron, J. M. (1989), "La Universidad de Madrid y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas", en *Alfoz*, 66/67, pp. 59-77.
 - González Blasco, P. (1980), *El investigador científico en España*, Madrid, cis.
 - González Blasco, P. y Jiménez Blanco, J. (1979), "Tres estudios sociológicos sobre la ciencia en España", en González Blasco, P., Jiménez Blanco, J. y López Pinero, J. (1979), *Historia y sociología de la ciencia en España*, Madrid, Alianza Universidad, pp. 95-195.
 - Gunther, R. (1980), *Public Policy in a No-Party State. Spanish Planning and Budgeting in the Twilight of the Franquist Era*, Berkeley, University of California Press.
 - Hounshell, D. A. y Kenly Smith Jr. J. (1988), *Science and Corporate Strategy Du Pont, R&D 1902-1980*, Cambridge, Cambridge University Press.
 - López García, S. M. (1991), "La organización de la investigación científica y técnica tras la Guerra Civil. Contrastes y similitudes son los logros de las primeras décadas del siglo xx", Encuentro de Historia Económica (Actas de las ponencias), Valencia 7 y 8 de octubre, UIMP.
 - López García, S. M. (1994J), *El saber tecnológico en la política industrial del primer franquismo*, Madrid, Tesis doctoral de Universidad Complutense de Madrid, Facultad de CC. Económicas y Empresariales.
 - Martín Aceña, P. y Comín, F. (1992), "El Estado en la industrialización española de posguerra: El Instituto Nacional de Industria", en Prados de Escosura, L. y Zamagni, V. (comps.) (1992), *El desarrollo económico en la Europa del Sur*, Madrid, Alianza Editorial, pp. 421-441.
 - Martín, C. y Rodríguez Romero, L. (1978), *Cambio técnico y dependencia tecnológica. El caso de España*, Madrid, Fundación INI.
 - Mateo, J. L. (1975), "El desarrollo tecnológico en España", en *Economía Industrial*, No. 142.
 - Molero, J. (1983), *Tecnología e industrialización*, Madrid, Pirámide.
 - Momigliano, F. (1983), "Determinanti ed effetti dell'attività innovativa: revisione di teorie e implicazioni di politiche pubbliche per l'innovazione industriale", en Gerelli, E. (ed.) (1983), *Per una politica dell'innovazione industriale*, Milán, Franco Angeli, pp. 33-69.
 - Montoro, R. (1981), *La Universidad en la España de Franco*, Madrid, cis.

- Moya, C. (1975), *El poder económico en España (1939-1970)*, Madrid, Tucar Ediciones.
- Moya, C. (1984), *Señas de Leviatán. Estado nacional y sociedad industrial: España 1936-1980*, Madrid, Alianza Editorial.
- Muñoz, E. (1982), "Divorcio entre ciencia e industria en España", en Nieto, A. et al. (1982), *Apuntes para una política científica. Dos años de investigación en el CSIC: 1980-1982*, Madrid, CSIC, pp. 227-261.
- Muñoz, E. (1990), "CSIC, una síntesis de tradición y futuro", *Arbor*, No. 529, enero, pp. 13-28.
- Muñoz, E. y Ornia, F. (eds.) (1986), *Ciencia y Tecnología: una oportunidad para España*, Madrid, Aguilar.
- Mustar, Ph. (1994), "La politique d'innovation en France: le colbertisme entamé", en Sachwaid, F. (ed.), (1994), *Les défis de la mondialisation. Innovation et concurrence*, París, Masson, pp. 321-365.
- Nieto, A. (1982), "Presentación", en Nieto, A. et al. (1982), *Apuntes para una política científica. Dos años de investigación en el CSIC: 1980-1982*. Madrid, CSIC, pp. 9-17.
- Nieto, A. (1990), "El CSIC durante el periodo de la consolidación democrática", *Arbor*, No. 529, enero, pp. 29-48.
- Noble, D. F. (1977), *América by Design. Science, Technology and the Rise of Corporate Capitalism*, Oxford, Oxford University Press.
- OCDE (1971), *Políticas Nacionales de la Ciencia: España*, Madrid, MEC.
- OCDE (1964), *Country Report on the Organization of Scientific Research: Spain*, París, OCDE.
- Peset J. L. (1986), "Introducción", en Muñoz, E. y Ornia, F. (eds.) (1986), *Ciencia y Tecnología: Una oportunidad para España*, Madrid, Aguilar, pp. 13-39.
- Presidencia del Gobierno (1972), *III Plan de Desarrollo Económico y Social. 1972-1975. Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico*, Madrid, Comisaría del Plan de Desarrollo Económico y Social.
- Rip, A. (1990), "Societal construction of research and Technology", en Krupp, H. (ed.), (1990), *Technikpolitik angesichts der Umweltkatastrophe*, Heidelberg, Physica-Verlag, pp. 84-94.
- Roca Rosell, A., y Sánchez Ron, J. M. (1990), *Esteban Tenadas. Ciencia y Técnica en la España contemporánea*, Madrid, INTA/Serbal.
- Ros Hombravella et al. (1973), *De la autarquía a la estabilización (1939-59)*, Madrid, Edicusa, 2 vols.
- San Román, E. (1993), "Una fuente para el estudio de la industria española en la Gran Guerra: el informe de 1919", en *Revista de Economía Aplicada*, vol. I, No. 3, pp. 169-179.
- Sánchez del Río, C. (1990), "La investigación científica en España y el csic", *Arbor*, No. 529, enero, pp. 61-73.
- Sánchez Muñoz, M. P. (1983), *La dependencia tecnológica española: Contratos de transferencia de tecnología entre España y el exterior*, Madrid, Ministerio de Economía y Hacienda.

- Sánchez Ron, J. M. (1990), "Investigación científica y desarrollo tecnológico y educación en España (1900-1950)", *Arbor*, No. 553, enero, pp. 33-74.
- Sánchez Ron, J. M. (1992), "Política científica e ideología: Albareda y los primeros años del Consejo Superior de Investigaciones Científicas", *Boletín Institución Libre de Enseñanza*, No. 14, agosto, pp. 53-74.
- Santesmases, M. J. y Muñoz, E. (1993), "Las primeras décadas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Una introducción a la política científica del régimen franquista", *Boletín Institución Libre de Enseñanza*, No. 16, abril, pp. 73-94.
- Sanz, L. y Muñoz, E., (1992), "Las políticas científicas y tecnológicas en España: desde la autarquía a la transición", *Alfoz*, No. 94/95, pp. 46-62.
- Veblen, T. (1915), *Imperial Germany and the Industrial Revolution*, Nueva York, 1954.



Sociologías del conocimiento: científicas y anticientíficas

Mario Bunge*

Mi librito *La sociología de la ciencia* (Buenos Aires, Siglo Veinte, 1993) expone y analiza las tres corrientes principales en la sociología del conocimiento científico: la marxista de Marx y Engels a Hessen y Bernal, la científica iniciada por Robert K. Merton hacia 1935, y la constructivista-relativista, nacida en la década del sesenta y actualmente de moda en las facultades de letras. En la publicación de marras critico la primera corriente por ignorar el cerebro del investigador, y la tercera por negar la existencia del mundo exterior, así como por rechazar la definición canónica de investigación como búsqueda de la verdad. Señalo que, en cambio, los mertonianos saben de qué hablan y qué es lo que motiva a los investigadores, a saber, la búsqueda de la verdad y el reconocimiento de sus pares, no el poder. (Sin embargo, no dejo de criticar alguna exageración externalista de esta escuela.) También exhibo la apolillada filosofía irracionalista y subjetivista que subyace a la "nueva" sociología de la ciencia.

Pero creo que el aspecto más importante de mi librito es que, con ayuda de una teoría semántica exacta y de ejemplos, refuta el curioso dogma de que tanto la matemática como las ciencias naturales tienen un contenido social. La clave de esta refutación es simple: para saber a qué se refiere una proposición cualquiera es necesario y suficiente analizar los predicados que figuran en ella, poniendo en evidencia sus respectivos dominios de definición. Por ejemplo, los referentes de "metaboliza" son los seres vivos, no algún hecho económico o cultural. En cambio, los referentes de "populismo" sí son los movimientos políticos. Así resulta que, en tanto que la matemática se refiere a objetos conceptuales, las ciencias naturales tratan de cosas naturales, y las sociales de cosas sociales. "¡Vaya descubrimiento!", dirá el lector, y con razón. Pero era necesario hacer el trabajito para refutar de manera concluyente las tesis de que las fórmulas de las físicas relativis-

* Foundations and Philosophy of Science Unit, McGill University, Montreal, Québec, Canadá.

ta y cuántica se refieren a observaciones, de que las teorías rivales son incompatibles ("incommensurables") entre sí y de que todo conocimiento tiene algún contenido social. Ahora disponemos de un método preciso para demostrar que todas estas opiniones son falsas.

Julia Buta ha atacado mi librito en *REDES* (año II, No. 5, 1995, pp. 189-193). Su ataque ha sido feroz. Así como yo no encuentro nada valioso en la sociología de la ciencia post-mertoniana, ella no aprueba nada de lo que yo digo. *Fair enough*, como se dice hipócritamente en inglés. Lo que no es *taires* poner en mi boca (o, más bien, en mi computadora) opiniones que no comparto. Tampoco es correcto el descartar mis tesis sin discutir las, ejemplificarlas no contraejemplificarlas. Finalmente, hace falta mucha osadía para pontificar sobre ciencia sin haber hecho investigación rigurosa alguna. Me explicaré telegráficamente.

Buta me califica de positivista, cosa que jamás he sido, como lo atestiguan una treintena de libros y varios centenares de artículos aparecidos desde 1943. Estas publicaciones no pertenecen solamente a la física, a la matemática aplicada y a la filosofía, desde semántica hasta ética, pasando por ontología y teoría del conocimiento. También he publicado trabajos en sociología teórica y en fundamentos de la física, biología, psicología y ciencias sociales.

Al fin y al cabo, mi libro *Foundations of Physics* (Springer, 1967) contiene la primera fundamentación axiomática realista, y por lo tanto no positivista, de la mecánica cuántica. También atacó al positivismo en *La investigación científica* (Ariel, 1969), *Filosofía de la física* (Ariel, 1978) y *Controversias en física* (Tecnos, 1983). Y mi último libro, *Finding Philosophy in Social Science* (Yale University Press, 1996) incluye una defensa del realismo y la consiguiente crítica del subjetivismo (individualista o colectivista) que preconizan (pero no justifican) los post-mertonianos. Más aun, en el librito en discusión acuso de ramplojería positivista a los hermenéuticos (como Geertz) y a los etnometodólogos (como Garfinkel), porque se contentan con describir.

Lo que ocurre es que Buta confunde positivismo con amor por la investigación científica.

Omite señalar que el amor que los positivistas profesaban por la ciencia no era correspondido porque la ciencia es objetiva (aunque no siempre verdadera), al par que el positivismo se centra (lo mismo que el constructivismo-relativismo) en el sujeto. En resolución, mi teoría del conocimiento y mi semántica son realistas. Más aun, constituyen una síntesis de empirismo y racionalismo.

No siendo empirista, jamás he negado -contrariamente a lo que afirma mi crítica- que el conocimiento sea "producto de una construc-

ción activa del sujeto". Véanse, por ejemplo, mis libros *La investigación científica* (Ariel, 1969), *El problema mente-cerebro* (Tecnos, 1985), *Filosofía de la psicología* (Ariel, 1969), y los volúmenes 5, 6 y 7 de mi *Treatise on Basic Philosophy* (Reidel, 1983-1985). No rechazo el constructivismo gnoseológico sino el constructivismo ontológico, según el cual el conocedor (o su comunidad) construye el mundo. (Buta no hace esta distinción.) Digo que, si así fuera, cada persona (o cada comunidad) sería un demiurgo y no tendría necesidad de buscar datos empíricos ni de poner sus hipótesis a la prueba empírica. En lugar de explorar el mundo, se dedicaría a la matemática pura, la teología o la literatura fantástica.

A diferencia de Popper y los demás internalistas, yo no rechazo la sociología del conocimiento. No sólo no la rechazo, sino que admiro (y cito cuando corresponde) la escuela de Merton. Sólo rechazo las sociologías del conocimiento irracionalistas y dogmáticas, que hacen afirmaciones sin sustentarlas, y que ignoran o declaran imposible la búsqueda de la verdad objetiva. Por ejemplo, el tercer capítulo del tomo 5 de mi *Treatise* está dedicado al condicionamiento social del conocer. En él critico tanto el externalismo como el internalismo, y propongo la fusión de las partes válidas de ambos: el investigador trabaja sujeto a estímulos e inhibiciones sociales. (Pero fracasa si no encuentra verdades transculturales.) Y, desde luego, niego que la matemática y las ciencias naturales tengan contenido social; sólo lo tienen las ciencias sociales.

Más aun, no me he contentado con criticar la doctrina externalista (o sociologista, como la llaman los sociólogos Boudon y Bourri-caud). También he mostrado cómo ponerla a prueba (y confirmarla o falsearla) con ayuda de mi teoría de la referencia. Buta no menciona este punto, que para mí es de importancia capital. ¿Será porque dicha teoría contiene algunos conceptos abstractos, tales como los productos cartesianos y extensión de un predicado, que dejan fríos a los sociólogos y filósofos del conocimiento de nuevo cuño? ¿O será que el concepto de demostración es ajeno a la manera de pensar de los constructivistas-relativistas?

Me permito invitar a Buta a que estudie esa teoría de la referencia -parte de la semántica que expongo en los dos primeros tomos de mi *Treatise* (Reidel, 1974)- y la aplique, por ejemplo, a la lógica, el álgebra abstracta, la electrodinámica, la mecánica cuántica, o la biología evolutiva -como lo he hecho yo-, para averiguar si, en efecto, tienen contenidos sociales. Si resulta que mi teoría no le gusta, tiene libertad para construir una alternativa. A propósito, yo construí mi semántica

realista precisamente para poner a prueba la interpretación subjetivista (o de Copenhagen) de la mecánica cuántica, que se ha venido proponiendo como dogma desde 1935, y que yo mismo había enseñado otrora. Esta y otras experiencias me han enseñado la importancia de hacer filosofías ajustadas a la ciencia, así como de adoptar estrategias de investigación científica compatibles con los principios filosóficos de que fuera de nosotros hay cosas y, más aun, algunas de ellas pueden conocerse aunque sea de manera aproximada.

En conclusión, la nota de Buta no es una reseña objetiva sino una censura. A propósito de censura, en 1990 envié los originales del trabajo en cuestión a *Social Studies of Science*, fundado y administrado por el grupo de Edimburgo. Recién tres años después recibí una carta del director, disculpándose por el retraso y preguntándome si seguía interesado en que mi trabajo fuese puesto a consideración de los asesores de la revista. Pero yo ya me había cansado de esperar, y había enviado el trabajo a *Philosophy of the Social Science*, que lo publicó en dos partes, entre 1992 y 1993. Desde entonces he tenido el gusto de verlo citado encomiosamente en varias publicaciones, y de recibir un montón de cartas laudatorias firmadas por investigadores en varios campos: físicos, biólogos, antropólogos, sociólogos, historiadores, etc. Todos ellos comparten la tesis perogrullesca de que la investigación científica procura la verdad objetiva o, como decían los escolásticos, la adecuación de las ideas a las cosas. Quienes niegan la posibilidad de alcanzar verdades no pueden arrogarse el privilegio de poseerlas ni, por lo tanto, el derecho de enseñarlas. Sólo gana el reproche pre-post-moderno: Maestra Ciruela, no sabe leer y pone escuela.

*La innovación tecnológica:
definiciones y elementos de base*



La innovación tecnológica: definiciones y elementos de base*

Presentación

La concepción de la innovación tecnológica ha cambiado radicalmente en estos últimos años. Los modelos llamados "interactivos" reemplazaron el modelo utilizado anteriormente, llamado "modelo lineal". Los modelos actuales subrayan el papel central que desempeña la concepción industrial sobre las relaciones entre las fases "hacia adelante" (ligadas al mercado) y las fases "hacia atrás" (ligadas a la tecnología) de la innovación, como también sobre las numerosas interacciones entre la ciencia, la tecnología y las actividades vinculadas a la innovación, tanto si se realizan en el interior de la empresa como si lo hacen en el marco de diversas cooperaciones.

Actualmente, en los países de la OCDE lo esencial de la innovación se produce en las empresas. Los laboratorios universitarios, los centros de investigación gubernamentales y las organizaciones sin fines de lucro pueden contribuir de manera significativa, y a veces decisiva, a los avances científicos e incluso tecnológicos, pero en general no son sino marginalmente responsables de la innovación comercial.

El acortamiento del período que separa los avances científicos de su primera aplicación comercial, al igual que la interpenetración entre la ciencia fundamental y las tecnologías ligadas a la producción se han convertido en características permanentes del sistema de innovación. Sin embargo, las fases de desarrollo del proceso de innovación siguen siendo muy largas, al tiempo que los costos de I+D y otros gastos para la puesta en marcha se elevan rápidamente.

Las buenas relaciones entre la ciencia y la tecnología son cruciales para el éxito de la innovación. Las universidades y otros laboratorios de investigación científica a largo plazo y, por consiguiente, las autoridades públicas que los financian y que apoyan su trabajo continúan siendo actores extremadamente importantes de los sistemas nacionales de innovación. Las diferencias

* El documento que se publica forma parte de la serie *Le Programme technologie/economie (TEP)*, editada oficialmente por la OCDE. La presente es traducción del francés del título original *La technologie et l'économie. Les relations dominantes*. Copyright OCDE, París, 1992. Publicado con autorización de la Institución. Traducido del francés por Claudia Gilman. La responsabilidad de la traducción es de REDES.

que separan a la ciencia, que produce formas generales, fundamentales y abstractas del conocimiento, de la tecnología, que es específica y práctica, hacen necesario el desarrollo de numerosas "ciencias de transferencia" situadas en la intersección entre el conocimiento fundamental y la solución de los problemas concretos que surgen de las necesidades económicas y sociales.

El cambio tecnológico implica importantes procesos de aprendizaje de tipo acumulativo. Estos procesos comprenden el aprendizaje por la práctica, el aprendizaje por el uso y el aprendizaje por la interacción. Las instituciones de investigación y las empresas representan la base institucional de ese proceso de aprendizaje. Las tecnologías emprenden "trayectorias" y están sujetas a procesos complejos de selección. Su utilización y su aplicación dependen de un amplio espectro de factores económicos (precios relativos, distribución de ganancias), de valores sociales y de arbitrajes de parte de los principales actores involucrados. La noción de "rendimientos crecientes de adopción" da cuenta del hecho de que las tecnologías no son elegidas necesariamente en razón de su superior eficacia sino que se tornan eficaces precisamente a partir del hecho de que han sido elegidas.

Introducción

Este capítulo examina las características del proceso de innovación: su naturaleza, sus orígenes y ciertos factores que dan forma a su desarrollo. Su propósito es iniciar al lector en las nociones esenciales para la comprensión del proceso de cambio tecnológico, insistiendo en la noción de proceso. Volvemos a encontrar esas nociones en las discusiones ulteriores sobre la difusión tecnológica, los problemas organizacionales, los recursos humanos y su desarrollo, la competitividad y la globalización.

Por consiguiente, la Sección 1 se focaliza sobre el carácter interactivo de la innovación y las numerosas y costosas inversiones que ella implica. Se pone especial acento en mostrar cómo las características de las actividades innovadoras superan los modelos del análisis "lineal" del cambio tecnológico. La Sección 2 se refiere a la producción del saber científico y técnico con el fin de analizar la posición central que ocupan las empresas en el desarrollo de nuevas tecnologías. Después de haber considerado la ciencia y la tecnología como reservorios de conocimiento de los que se nutre la innovación, examinaremos sus relaciones de interdependencia y los lazos que las unen, y analizaremos por qué y cómo esas fuentes pueden y deben ser continuamente reconstituidas. En la Sección 3 examinaremos las continuidades y las discontinuidades en la tecnología, poniendo el acento sobre el aspecto acumulativo de los conocimientos científicos y tecnológicos. Se presentarán las

nociones de "trayectorias tecnológicas" y de "rendimientos crecientes de adopción" con el propósito de permitir una comprensión del desarrollo y de la selección de la tecnología.

1. La innovación como proceso

Según el primer estudio realizado en 1971 por la OCDE sobre esta cuestión, la innovación tecnológica debe "ser definida como la primera aplicación de la ciencia y la tecnología en una nueva dirección, seguida de un éxito comercial" (OCDE, 1971, p. 11). La definición pone el acento sobre los productos y los procedimientos de producción que, simultáneamente, incorporan un cierto grado de novedad y reciben una sanción positiva del mercado. Esto implica que a menudo, en las economías capitalistas, "ciertos tipos de I+D que podrían tener un valor social importante, simplemente no son emprendidos" (Nelson, 1988, p. 313), creando así las condiciones de una deficiencia de mercado que requiere una acción gubernamental. Hoy, la I+D ligada a cuestiones de medio ambiente es un ejemplo notable de esta situación. Partiendo de esta primera definición, se han establecido varias clasificaciones, especialmente la distinción reciente entre a) las innovaciones progresivas (incrementales); b) las innovaciones radicales; c) los nuevos sistemas tecnológicos y d) las tecnologías genéricas difusoras (Freeman, 1987), distinción que se encuentra en informes ya publicados de la OCDE y que es retomada más adelante en otros capítulos (OCDE, 1988).

La definición centrada sobre la "primera aplicación", incluso si posee utilidad como punto de partida del análisis, es limitada. Puede hacer pensar que adherimos a la tesis errónea según la cual las innovaciones representan entidades homogéneas bien definidas de las cuales se puede decir que entran en el circuito económico en un momento determinado. En realidad, las innovaciones fundamentales están sometidas a cambios relativamente profundos durante su período de vigencia. La importancia económica de los mejoramientos posteriores puede superar por mucho la de la invención original.¹ Igualmente, en el caso de productos o procedimientos totalmente nuevos, para la puesta a punto y el proceso de producción se requieren numerosos conocimientos intelectuales, múltiples pruebas y relaciones de ida y vuelta. El énfasis anteriormente puesto en la consideración de la filosofía del acto in-

¹ Estos procesos han sido estudiados por historiadores de la tecnología o por economistas interesados por los procesos históricos. Para un panorama de los elementos pertinentes, véase por ejemplo Rosenberg (1976).

novador aislado se desplazó hacia la consideración de los mecanismos sociales más complejos.

Actualmente se estima que es importante "utilizar términos como 'el proceso de innovación' o 'las actividades de innovación' para indicar que, desde esta óptica, las distinciones tradicionales entre descubrimiento, invención, innovación y difusión pueden no revestir más que un interés limitado" (Lundvall, 1988, p. 350). A lo largo de este informe, el término *innovación* será utilizado, en tanto sea posible, en ese sentido.

La innovación como proceso interactivo

Desde hace casi treinta años, las reflexiones sobre la ciencia y la tecnología han estado dominadas por una concepción lineal del pasaje de la investigación a la comercialización. En ese modelo, el desarrollo, la producción y la comercialización de nuevas tecnologías seguía un curso bien definido en el tiempo, que comenzaba con las actividades de investigación e implicaba una etapa de desarrollo de producto y luego finalizaba con la producción y la eventual comercialización. Ese modelo concordaba relativamente bien con la teoría del *impulso creado por la ciencia* (*science push*) que era hegemónica en los años cincuenta y sesenta, pero también podía adaptarse a las teorías más sutilmente fundamentadas, basadas en la *atracción ejercida por la demanda* (*demand pull*) adoptadas con creciente frecuencia en los estudios más elaborados.² Del mismo modo, otros estudios pertenecientes a esta nueva generación constataron la influencia de la demanda y de los mercados sobre la orientación y la tasa del cambio técnico, especialmente en el seno de trayectorias tecnológicas establecidas (véase Sección 3), sin poner en cuestión, de todos modos, las ideas establecidas acerca de la jerarquía del saber y su modo de desarrollo.³

² Véase Schmookler (1966). Examinando los datos intersectoriales relativos a una gran cantidad de industrias, antes y después de la Segunda Guerra Mundial, observó que en un sector industrial dado, había una estrecha correlación entre el número de invenciones y bienes de equipamiento y el volumen de ventas de bienes de equipamiento. De allí, Schmookler concluyó que para ciertos tipos de invenciones las consideraciones relativas a la demanda, gracias a su influencia sobre el tamaño del mercado, desempeñan un rol determinante en la distribución del esfuerzo de innovación. Lejos de ser la variable exógena postulada por muchos teóricos de la economía y por casi todos los modelos económicos, tal como se la mide por el número de patentes registradas, la innovación puede ser completamente endogeneizada y tratada como cualquier otra forma de inversión. Para un examen completo de este aspecto, véase Scott (1989).

³ Para una crítica, véase Mowery y Rosenberg (1979), pp. 102-153.

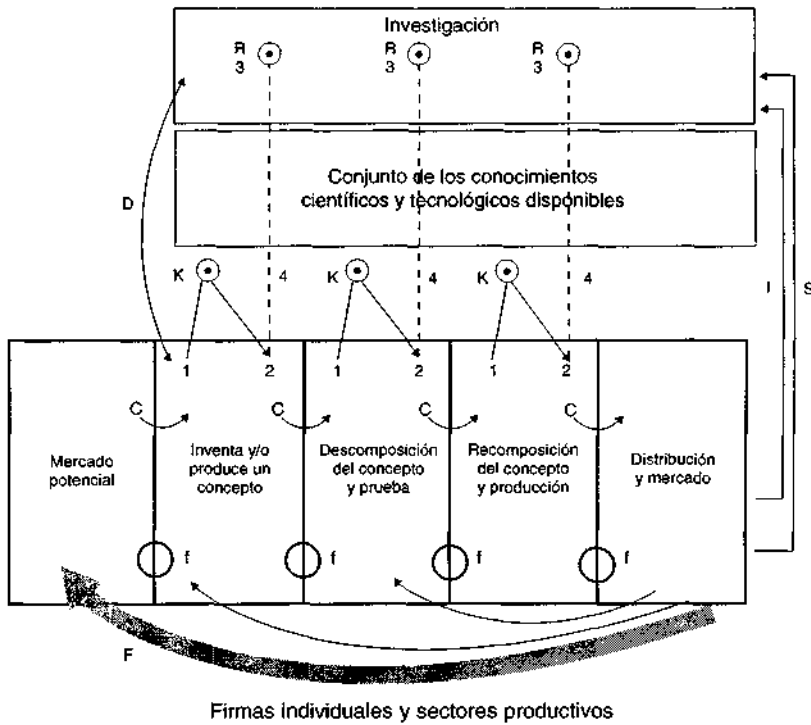
Hoy se admite finalmente que el proceso de innovación se caracteriza por interacciones y efectos de ida y vuelta. Los modelos interactivos divergen fuertemente respecto de la teoría lineal. En general, ponen el acento sobre el rol central de la concepción, sobre los efectos de ida y vuelta entre las fases *hacia adelante* y *hacia atrás* del modelo lineal anterior y sobre las numerosas interacciones que ligán la ciencia, la tecnología y la innovación en cada etapa del proceso. La Figura 1 representa lo que ahora llamamos comúnmente modelo de relación en cadena, que asocia dos tipos de interacciones ligeramente diferentes. El primero se refiere a los procesos en el interior de una empresa dada (o, eventualmente, de un grupo de empresas que trabajan en el marco de una red muy estrechamente interconectada). El segundo traduce las relaciones entre la empresa y el sistema científico y tecnológico más vasto dentro del cual ésta funciona (Kline y Rosenberg, 1986)

En el nivel de la firma, la cadena de innovación es ilustrada por un camino cuyo origen es la percepción de una nueva posibilidad y/o de una nueva invención basada en la ciencia y la tecnología, percepción a la cual sigue, necesariamente, la elaboración de la *concepción analítica* (véase recuadro 1) de un nuevo producto o de un nuevo proceso y conduce posteriormente al desarrollo, a la producción y a la comercialización. Se generan relaciones de ida y vuelta: los circuitos cortos vinculan en la cadena central cada fase (*hacia adelante*) con la que la precede inmediatamente, mientras que los circuitos largos vinculan la demanda percibida del mercado y los usuarios de productos con las diferentes fases *hacia atrás*. Los problemas de orden técnico que pueden surgir en el curso de los trabajos de concepción y de ensayo de nuevos productos y de nuevos procedimientos fertilizan con frecuencia la investigación en las disciplinas de ingeniería y también lo hacen en el campo científico.

La I+D interna y el establecimiento de laboratorios industriales en las grandes empresas han representado un primer y único modo muy fructífero de organizar los vínculos de los cuadros inferiores de las empresas durante varias décadas, especialmente cuando las tecnologías adecuadas presentaban aspectos idiosincráticos y tácitos. La función centralizada de I+D marchaba a la par de una integración vertical y horizontal en el seno de estructuras empresariales jerarquizadas. La integración facilitaba la circulación de la información entre el laboratorio de I+D y aquellos que aplicaban la nueva tecnología y permitía igualmente limitar las fugas de información fuera de la firma (Nelson, 1986, p. 10)

La prioridad concedida a la integración se encuentra actualmente cuestionada a la luz del modelo interactivo y de los nuevos enfoques sobre la organización de la firma. Hoy, la organización de la investigación en el interior de muchas grandes empresas norteamericanas y europeas y sus relaciones con las actividades de ingeniería son duramente criticadas (Bienaymé, 1988).

**Figura 1. Modelo interactivo del proceso de innovación:
modelo de relación en cadena**



Símbolos de las flechas debajo de la figura:

C= Cadena central de la innovación

f= circuitos de retro-acción

F= Retro-acción particularmente importante

Relaciones verticales

K-R: relaciones entre el conocimiento y la investigación. Si el problema se resuelve en el nudo K, la relación 3 con R no es activada. La relación de respuesta, que proviene de la investigación (relación 4), es problemática y figura en línea punteada.

D: relación directa (ida y vuelta) entre la investigación y los problemas que surgen de la invención y del concepto.

I: apoyo a la investigación en áreas científicas subyacentes a las de los productos estudiados, con el propósito de obtener directamente informaciones y dirigir los trabajos realizados afuera. La información obtenida puede ser aplicada a lo largo de toda la cadena.

Fuente: Adaptada, con algunas pequeñas modificaciones, de Kline y Rosenberg (1986).

Recuadro 1. La concepción en el proceso de innovación

La concepción ocupa un espacio central en el proceso de innovación. Entendida en sentido amplio, engloba la "concepción inicial", que reenvía a la "invención", la "concepción analítica" y finalmente "el estudio de nuevas combinaciones de productos o componentes existentes, las reestructuraciones de procedimientos y las concepciones de nuevos equipamientos en el estado actual de la ciencia" (Kline y Rosenberg, 1986, pp. 292-293, 302). Más rigurosamente, se trata de "diseños relativos a la definición de los procedimientos, a las especificaciones técnicas y a las características operacionales necesarias para el desarrollo y la fabricación de nuevos productos o procedimientos" (OCDE, en prensa).

Esta actividad no corresponde a un nivel inferior ni puede considerarse de rutina. Es una actividad que, todo lo contrario, puede inducir relaciones y efectos de ida y vuelta. La concepción, bajo una forma u otra, se encuentra en el punto de partida de las innovaciones técnicas, del mismo modo en que la reconcepción en una o varias etapas es esencial para su éxito final. En numerosas ramas, esta actividad continúa incorporando formas tácitas de conocimiento y un *know-how* técnico que se remonta a anteriores períodos donde la producción no tenía sino muy poco o ningún fundamento científico.*

* El primer autor importante en haberlo subrayado fue de hecho un científico muy atento a las interacciones entre la ciencia y los factores económicos y sociales. Véase Bernal (1971, vol. 1, cap. 1). Este punto fue después plenamente desarrollado por las investigaciones históricas de Rosenberg (1982).

En particular, en los Estados Unidos, economistas y sociólogos han comprobado que numerosos laboratorios de empresa se hallaban completamente desconectados de los problemas de la producción y acordaban una atención insuficiente a la concepción. Las firmas japonesas parecen caracterizarse por un grado más elevado de reconocimiento del carácter interactivo del proceso de innovación y, por ende, procuran medios superiores de creación de efectos de ida y vuelta apropiados. Igualmente, si una firma dada necesita competencias externas complementarias, tales relaciones pueden implicar la búsqueda de una cooperación interempresaria.⁴

El segundo conjunto de relaciones que podemos ver en la Figura 1 vincula el proceso de innovación inherente a las empresas y a los sectores industriales con la base de conocimientos científico y técnico (K) y con la investigación (R). Puede ser útil, en la óptica de la innovación interactiva basada en la indus-

⁴ Para una información más amplia, véase Roos (1991).

tria, establecer una distinción analítica entre dos tipos de conocimientos correspondientes a las dos demandas que las empresas formulan en relación con la ciencia y la tecnología; es decir, las demandas relativas a los conocimientos disponibles sobre los procesos físicos y biológicos y los trabajos llevados a cabo para mejorar y enriquecer esos conocimientos. Generalmente, la innovación se produce a partir de conocimientos disponibles. Cuando los ingenieros de una empresa se enfrentan con un problema de innovación técnica, se dirigen primero hacia los conocimientos científicos y tecnológicos existentes, frecuentemente por etapas sucesivas. La necesidad de investigación sólo surge cuando las fuentes de información se revelan inadecuadas.

Este análisis del rol de la I+D en el proceso de innovación en las empresas se aplica directamente a las grandes empresas. Por debajo de un cierto tamaño, las pymes no pueden afrontar el peso financiero de un equipo de I+D. A partir de algunos indicadores simples como el porcentaje de la facturación consagrada a I+D o el costo promedio de un investigador industrial, se ha podido estimar (Mordschelles-Regnier *et al.*, 1987) que ese tamaño crítico es del orden de mil personas para las industrias de débil intensidad tecnológica o de cien personas para aquellas de fuerte intensidad tecnológica. Para la mayoría de las pymes, pues, mantener un equipo de I+D está fuera de su alcance. Obviamente, en el caso de muchas empresas de esa categoría, no es necesario que el esfuerzo de renovación tecnológica sea permanente. Incluso si se acorta la vida útil de los productos y los procedimientos, éstos tienen como mínimo algunos años de vigencia. En ese lapso, la innovación incremental asociada al proceso normal de producción basta para asegurar la competitividad.

Diversas soluciones permiten asegurar los saltos tecnológicos necesarios para toda empresa. Cuando una pyme forma parte de la red de subcontratistas de una gran empresa, ésta puede encontrar ventajoso transferirle la tecnología necesaria mediante acuerdos de asociación en los cuales colaboran los laboratorios de la gran empresa y los ingenieros y técnicos de la pyme. En otros casos, la PVME encarga a través de un contrato su esfuerzo de I+D a una sociedad de investigación. Esta solución cuya importancia relativa crece rápidamente (actualmente 50 sociedades de ese tipo en Europa reagrupan 25.000 personas) merece una atención particular. El análisis de Kline y Rosenberg muestran que el esfuerzo de I+D solamente es eficaz en el marco de una interacción muy fuerte entre todos los elementos activos de la empresa, lo que parece excluir precisamente que la I+D sea subcontratada. Este tipo de sociedades de investigación realizadas a través de un contrato tienen éxito cuando se involucran con la pyme cliente, cuando saben analizar con ella las perspectivas del mercado, identificar su *know-how*, su *pasado tecnológico* y trabajar a lo largo del contrato en simbiosis con su personal. Tanto si el resultado de ese esfuerzo es un prototipo o un procedimiento llave en mano, lo

cierto es que habrá sido elaborado en las condiciones exactas en las que hubiera trabajado un equipo interno de I+D. Vemos así hasta qué punto ese proceso difiere de los acuerdos habitualmente pactados entre una empresa y un laboratorio universitario (excepto, tal vez, en el caso de ciertas universidades japonesas que funcionan sobre el mismo modelo).

El sector de empresas aporta un cierto apoyo financiero a la investigación y a la creación de nuevos conocimientos, ya sea directamente, ya sea por intermedio de fundaciones sin fines de lucro (D). Ese apoyo surge del hecho de que la producción industrial y las disciplinas técnicas que la acompañan necesitan poder acceder a las "ciencias exactas o predictivas" (véase recuadro 2) para resolver problemas tecnológicos complejos. Cuando una ciencia no ha avanzado lo suficiente como para proponer modelos realmente predictivos y cuando faltan elementos claves de conocimientos fundamentales, los ingenieros utilizan métodos más trabajosos para resolver los problemas técnicos y tienen que apoyarse sobre conocimientos anteriores. Como lo han demostrado Kline y Rosenberg:

[...] esto ocurre aún hoy en ciertas industrias de punta de sectores cruciales en los cuales los trabajos realizados para hacer avanzar los conocimientos son muy lentos y costosos por carecer de bases científicas para orientar mejor su curso [...] Esa falta de conocimientos predictivos trae como consecuencia costos de desarrollo muy elevados, largas demoras (por ejemplo para la cámara de combustión en los nuevos modelos de reactores de avión) así como también un conservadurismo sólido aunque justificado de parte de los conceptores (Kline y Rosenberg, 1986, p. 296) (véase recuadro 3).

Recuadro 2. De la descripción a la predicción en la ciencia fundamental

"Los conocimientos en las ciencias físicas y biológicas tienden a pasar por varias fases diferentes. En la primera fase, los trabajos científicos son de naturaleza descriptiva; en la fase siguiente, los trabajos se vuelven taxonómicos; en un tercer momento, los trabajos consisten en la formulación de reglas y de hipótesis generales y finalmente, en ciertas ciencias, hay una última etapa de construcción de modelos realmente predictivos. Hoy, ciencias como la mecánica o el electromagnetismo clásico son inmediatamente utilizables bajo esta forma por cualquier especialista de esas disciplinas comprometido con actividades de concepción analítica y de invención industrial. Una ciencia que se encuentra aún en la fase descriptiva o taxonómica es mucho menos fiable para esa clase de actividades, incluso si puede desempeñar en cualquier caso un papel muy importante para orientar los trabajos de innovación" (Kline y Rosenberg, 1986, p. 295).

Recuadro 3. Dos dimensiones de la interfase ciencia-tecnología

En las industrias de alta tecnología existen áreas de gran importancia en las que los esfuerzos realizados para hacer retroceder las fronteras tecnológicas son extremadamente lentos y costosos, porque la ciencia no está ni siquiera en condiciones de proveer los datos requeridos. El desarrollo de nuevas aleaciones que ofrecen combinaciones específicas de propiedades se realiza lentamente por falta de fundamentos teóricos que permitan prever el comportamiento de nuevas combinaciones de materiales, mientras que la ciencia de materiales estará pronto en condiciones de elaborar modelos que permitan establecer proyecciones. La solución de muchos problemas vinculados con la mejora del rendimiento energético se encuentra seriamente obstaculizada por la comprensión científica limitada de algo tan fundamental como la naturaleza del proceso de combustión. En los últimos años, el hecho de que la ciencia no pueda todavía explicar la relación entre la estructura molecular del carbón, ya conocida, y sus propiedades físicas y químicas, ha limitado enormemente el desarrollo de combustible sintético. El mejoramiento de la arquitectura de las computadoras está trabado por no poseer mejor fundamento científico. La concepción de aeronaves y turbinas a vapor se enfrenta con la ausencia de una teoría satisfactoria de la turbulencia.

Además, los avances científicos no son sino la primera etapa de una secuencia muy larga de acumulación de conocimientos. Los primeros lasers se pusieron a punto hacia 1960 y conocieron aplicaciones extremadamente diversas en los últimos treinta años. Sin embargo, desde el punto de vista del historiador de la ciencia, los principios científicos que sustentan el laser ya habían sido formulados por Einstein en 1916.

Los trabajos de investigación actualmente realizados a nivel mundial sobre el desarrollo de productos que permitirían incorporar los conocimientos científicos recientemente adquiridos en materia de superconductividad a alta temperatura, no darán quizás resultados que permitan explotar comercialmente a gran escala esos conocimientos sino dentro de décadas. Del mismo modo, los avances espectaculares que ha conocido la biología molecular en los años cincuenta, recién comienzan a encontrar aplicaciones en los productos de la nueva industria de biotecnologías (Rosenberg, 1991, pp. 3-4 y 17).

Duración y costos del proceso de innovación

En los anteriores informes sobre la innovación se insistía deliberadamente en el acortamiento espectacular del período que separa los avances científicos de su primera aplicación bajo la forma de productos o procedimientos de fabricación comercializados. Este punto ya está considerado como un logro definitivo. La interfase extremadamente pequeña entre la ciencia fundamental y las tecnologías de producción en áreas como la biotecnología o las tecnologías de la información (por ejemplo supra-conductividad y capacidad de almacenamiento de informaciones sobre los circuitos integrados)

confirma que, en la hora actual, por lo menos, la rapidez de ese pasaje es un rasgo distintivo del sistema de innovación contemporáneo. Hoy, el acento está puesto sobre todo en la duración de la fase de desarrollo y en los costos elevados de la innovación.

A cada fase del proceso de innovación corresponden gastos de inversión (véase recuadro 4). Esos gastos comprenden los gastos de equipamiento "clásicos" y los gastos de I+D, pero también un amplio rango de gastos correspondientes a las inversiones inmateriales. Esas inversiones son frecuentemente muy costosas y el tiempo juega un papel importante. En el campo de la electrónica, por ejemplo, la concepción y el desarrollo de circuitos integrados fiables y con alta capacidad de memoria han hecho explotar los umbrales que marcan la sobrevivencia comercial. En la industria de semiconductores, desde mediados de los años setenta, cada generación de tecnología supuso al menos duplicar la escala de inversión en I+D y en capital necesarios para afrontar la competencia (véase recuadro 5). Se observan tendencias similares en otros sectores "nuevos", tales como las pantallas de cristales líquidos, los programas de computación y las telecomunicaciones.

La duración de la fase de desarrollo y los costos crecientes de I+D son problemas que encontramos también en industrias más antiguas, como la automotriz y la aeronáutica. El tiempo promedio de desarrollo de un automóvil que incorpora un grado significativo de innovación técnica sobrepasa en todos

Recuadro 4. Las formas de la inversión en la innovación

Durante la fase de innovación, los gastos se vincularán principalmente con los siguientes aspectos: inversión en tecnología (I+D, licencias, concepción e ingeniería), activos fijos necesarios para la fabricación de productos en cantidad suficiente para su introducción en el mercado, pruebas de mercado y prospección comercial y, eventualmente, inversiones inmateriales preparatorias (formación de los trabajadores y reorganización de la producción). En la fase de expansión del mercado, se pondrá el acento en las inversiones en equipos fijos (innovación en los procedimientos) acompañadas por inversiones inmateriales complementarias (especialmente la formación de los trabajadores y los gastos consagrados a la reorganización de la producción) así como también las inversiones de comercialización ligadas a la producción a gran escala. Cuando los mercados para los nuevos productos hayan alcanzado su plena expansión y la competitividad esté determinada por el precio, se manifestará una fuerte presión para introducir nuevos procesos que permitan la racionalización y la reconstrucción. Esto requiere un aumento de las inversiones inmateriales complementarias para la formación y la reorganización y asimismo inversiones en el capital físico.

**Recuadro 5. Duración de la vida útil y costos crecientes
en la industria de los semiconductores**

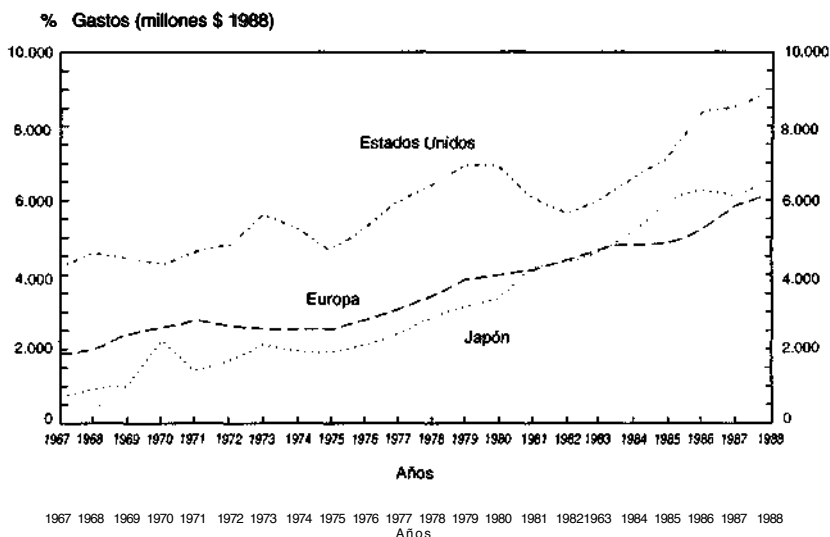
En la industria de los semiconductores, la tecnología evoluciona tan rápidamente que cada generación no permanece sino alrededor de cuatro años y la duración de vida económica de los bienes de equipamiento no excede más que raramente los cinco años. De manera que cada generación de I+D debería recomenzar al menos cinco años antes de la comercialización y debería coordinarse con el desarrollo de nuevos materiales y bienes de equipamiento, cuyas tecnologías han devenido también complejas e intensivas en capital. Todo fabricante de semiconductores que aspire a conservar o ganar una porción de mercado debe, en consecuencia, efectuar inversiones muy importantes. La tecnología actual necesita, en promedio, de 200 a 1.000 millones de dólares para cada generación de desarrollo de procedimientos, 250 a 400 millones de dólares por cada factor y 10 a 100 millones de dólares para cada sistema conceptual fundamental. Es previsible que esos costos se multipliquen todavía por dos de aquí a fines de los noventa, cuando el mercado mundial de semiconductores haya superado un valor de 100 mil millones de dólares (Ferguson, 1990).

los casos los cinco años en los Estados Unidos y un poco menos en Europa (respectivamente, 60 y 57 meses) y toma algo menos de cuatro años en Japón (46 meses). Para el mismo sector, se verifica que de la concepción a la explotación, el desarrollo de sistemas de fabricación flexible (SFF) requiere entre dos años y medio y tres en los Estados Unidos y alrededor de un año y medio en Japón (Womack et al., 1990, cap. 5). Actualmente se considera que ganar tiempo en la concepción y el desarrollo de nuevos modelos es un elemento esencial de la competencia entre los productores, pero la contracción de los períodos de concepción y de desarrollo se traduce hasta aquí en costos aumentados de I+D (véase Figura 2).

Los períodos de concepción y de desarrollo son aún más largos para los aviones civiles de gran tamaño y, contrariamente a lo que ocurre con los automóviles, continúan alargándose. La concepción y el desarrollo del Boeing 727 demandaron dos años y medio y han aumentado a casi seis años para el Boeing 767. Paralelamente a una duración de desarrollo más larga, los costos de I+D aumentaron de manera espectacular (véase recuadro 6).

La escala de inversiones necesarias para la innovación en una cantidad cada vez mayor de ramas industriales es uno de los motores de los procesos de concentración industrial y de globalización vinculados entre sí. Las redes interempresarias y las alianzas tecnológicas proveen medios para compensar

Figura 2. Gastos anuales de I+D para los vehículos a motor de las industrias automotrices de los Estados Unidos, Japón y Europa 1967-1988



Nota: Las cifras hacen referencia a los gastos mundiales de I+D de las empresas para la industria de vehículos a motor, reagrupadas según la implantación regional de su dirección. Así, los gastos mundiales de General Motors se reagrupan en la zona "Estados Unidos", mientras que los de Volkswagen pertenecen a Europa. Cifras en dólares constantes 1988, a la tasa de cambio de 1988.

Fuente: Womack *et al.* (1990).

parcialmente esta baja de los costos de I+D a través de una cooperación entre las empresas.

2. La producción de conocimientos científicos y técnicos

Por proceso de innovación entendemos la utilización, la aplicación y la transformación de conocimientos científicos y técnicos para resolver ciertos problemas concretos. A lo largo de los últimos treinta años, la innovación se enraizó profundamente en las actividades de las empresas en el conjunto de la zona OCDE. Aunque los centros de investigación públicos, los laboratorios

Recuadro 6. Concepción y producción de un avión moderno

Actualmente, la producción aeronáutica se vincula de manera muy estrecha (por su demanda de componentes y de piezas) con otros sectores de tecnología de punta. Una cabina o un motor de avión requieren la integración de varias tecnologías y de subsistemas de una extrema complejidad, especialmente la electrónica, la hidráulica y los materiales. La interacción de esos sistemas o componentes, en sí mismos complejos, es crucial para las *performances* del producto, pero es sumamente difícil de prever incluso con la ayuda de tecnologías de simulación y de concepción asistidas por computadora. Por eso, el desarrollo de productos de la aeronáutica (entre los cuales se incluyen los motores) es un proceso con fuerte intensidad de concepción, cuyas actividades representan una parte enorme de los costos totales y del tiempo consagrado a un proyecto de desarrollo. Las fluctuaciones rápidas del mercado contribuyen igualmente a prolongar la fase de concepción de los proyectos de desarrollo aeronáutico. Para intentar satisfacer las necesidades heterogéneas de los usuarios de los aviones de línea y de las instituciones de reglamentación, los principales constructores se ven obligados a realizar docenas de aviones "sobre planos" antes de lanzar el proceso de desarrollo de un proyecto específico.

Para la concepción del Boeing 272, ese proceso requirió dos años y medio y dio lugar a al menos nueve concepciones diferentes del avión. Para el Boeing 767, la fase de concepción duró cerca de seis años. Una vez que la concepción particular es adoptada por el productor, la rapidez es capital.

En consecuencia, los costos de desarrollo han aumentado de manera continua y rápida, bajo la influencia de los factores que acaban de ser examinados hasta aquí. Calculado en dólares constantes, el desarrollo del Douglas DC-3, en los años treinta costó aproximadamente 3 millones de dólares; el DC-8, comercializado en 1958, costó casi 112 millones de dólares, mientras que el desarrollo del Boeing 747, cuya producción se inició a comienzos de los setenta, llegó a 1.000 millones de dólares. Para tomar un ejemplo más reciente, se estima que el desarrollo del Boeing 767 costó casi 1.500 millones de dólares y las estimaciones de los costos de desarrollo de un aparato para larga distancia de 150 plazas alcanzan e incluso superan los 2.500 millones de dólares. El desarrollo del V2500, el reactor de doble flujo a tasa de dilución elevada previsto para ese avión de 150 plazas, debería demandar más o menos 1.500 millones (Mowery y Rosenberg, 1989, pp. 171-173).

universitarios y las organizaciones sin fines de lucro pueden contribuir notablemente y a menudo de manera decisiva (como en la biotecnología) a ciertos avances científicos e incluso tecnológicos, no desempeñan generalmente sino un rol marginal en la innovación comercial. Sin embargo, el éxito de una innovación semejante sigue siendo extremadamente dependiente tanto de la investigación fundamental de largo plazo y de su organización institucional como de las *ciencias de transferencia*, que constituyen un puente entre la investigación básica y la innovación industrial.

El papel central desempeñado por las empresas: la I+D industrial

Los gastos de I+D por empresa expresados como porcentaje del valor agregado han aumentado regularmente en todos los países. El rol de la innovación industrial en la competitividad y el crecimiento se traduce en la amplitud de los gastos de I+D realizados por el sector empresarial (véase Cuadro 1).

Desde comienzos de los años setenta, la sustitución creciente del financiamiento público por el financiamiento privado constituyó un cambio estructural fundamental en el financiamiento de la I+D. En ciertos países miembros de la OCDE, la I+D financiada por las empresas ya era predominante en los años sesenta y setenta: hoy lo es todavía más. En otros países que son los que más gastan en I+D (entre los cuales se cuentan los Estados Unidos), la proporción de la I+D financiada por las empresas era todavía relativamente modesta en comparación con la proporción de la I+D financiada por los poderes públicos. En la década del ochenta, esta última se ha vuelto tan importante como la primera, e incluso mayor. Hoy, como lo muestra el Cuadro 2, en la mayor parte de los países, alrededor de la mitad de los gastos registrados de I+D son financiados por las empresas. En ciertos países, esta fracción es considerablemente más elevada. Globalmente, el desplazamiento hacia el sector empresarial sigue siendo significativo.

La evolución hacia una I+D financiada por la industria es una de las razones que hicieron que la baja de los gastos de I+D observada a mediados de los años setenta sólo ocurriera en un período breve. La desaparición de muchos proyectos financiados por los poderes públicos fue rápidamente compensada por el crecimiento de los gastos realizados por el sector empresarial. A pesar de las fluctuaciones a corto plazo, los gastos de I+D expresados como porcentaje del PBI aumentaron en casi todos los países de la OCDE, sobre todo después de 1979, aun si subsisten diferencias importantes entre los países. En la mayoría de los casos, la industria se constituyó en el principal motor de este crecimiento. El establecimiento de las actividades ligadas a la innovación en las empresas y las ramas industriales en los países de la OCDE se manifiesta igualmente en el papel desempeñado por el sector empresarial en tanto empleador de mano de obra calificada científica y técnica en I+D, en la producción y en los diversos niveles de dirección. El porcentaje de investigadores empleados en la industria es ligeramente más bajo que lo que permitiría prever el porcentaje de gastos de I+D. La gran cantidad de profesores-investigadores que trabajan en la enseñanza superior y una sobreestimación probable de los efectivos realmente comprometidos en I+D explican este fenómeno. Las diferencias entre un país y otro pueden considerarse ligadas a las particularidades institucionales y culturales, pero también pueden reflejar simple-

Cuadro 1. Gastos de I+D efectuados por el sector empresarial

	% del PBI			% del DIRD*		
	1975	1981	1989	1975	1981	1989
Australia	0.23	0.25	0.52	23.2	25.0	41.5
Austria	0.47	0.65	—	50.8	55.8	—
Bélgica	0.84	/0.96	/1.18	64.2	—	/73.6
Canadá	0.41	0.60	/0.74	37.3	49.6	55.7
Dinamarca	0.45	0.54	0.84	44.2	49.7	55.0
Finlandia	0.48	0.65	1.11	52.1	54.7	60.8
Francia	1.06	1.16	1.40	59.6	58.9	60.3
Alemania	1.41	/1.70	2.10	63.0	/70.2	73.0
Grecia	—	0.05	0.10	—	22.5	/22.3
Islandia	0.03	0.06	0.12	2.9	9.6	16.1
Irlanda	0.25	0.32	0.49	30.6	43.6	56.8
Italia	0.47	0.49	0.74	55.7	56.4	57.1
Japón	56.6	60.7	69.7	1.14	1.41	2.12
Japón (aj)	62.7	66.0	74.3			
Holanda	1.08	1.00	1.32	53.6	53.3	/60.0
N. Zelanda	0.20	0.22	0.27	21.7	21.7	28.6
Noruega	0.64	0.68	/1.16	48.0	52.9	/60.8
Portugal	0.06	0.09	0.12	21.1	28.6	24.6
España	0.20	0.19	0.45	56.6	/45.5	56.3
Suecia	1.17	1.46	1.83	65.3	63.7	/66.2
Suiza	1.84	1.70	/2.14	76.7	74.2	74.8
Turquía	—	—	0.01	—	—	8.4
Reino Unido	1.27	1.49	/1.37	58.4	61.8	/66.6
Estados Unidos	1.53	1.72	1.98	65.9	70.3	70.2
Yugoeslavia	—	0.43	0.51	—	56.4	55.9

Notas: * Gasto interior bruto de I+D.

/ Rupturas de las series. 1: 1976. 2: 1980. 3: 1988. 4: 1987

Fuente: OCDE, Base de datos de la STIID.

mente las diferencias en el modo en que cada país presenta sus estadísticas relativas a la I+D.

Además, en numerosas ramas (se caractericen o no por una fuerte intensidad de I+D), solamente una parte de los esfuerzos tecnológicos desplegados por las empresas se consagran a instalaciones dedicadas a la I+D y se contabilizan como actividades de I+D. Los gastos de I+D declarados no son por lo tanto sino una representación indirecta del dinero que las empresas invierten para la innovación (de algún modo, *la punta del iceberg*). Ciertos estu-

Cuadro 2. Financiamiento de las empresas y del estado

Porcentaje del gasto bruto interno financiado por

	Empresas		Estado	
	1985	1989	1985	1989
Austria	49.1	52.5	48.1	44.9
Bélgica*	66.5	71.6	31.6	26.7
Canadá	40.8	41.5	47.5	44.9
Dinamarca	48.9	46.8	46.5	45.5
Francia	41.4	43.9	52.9	48.1
Alemania	61.8	65.1	36.7	32.8
Grecia	25.6	19.2	74.4	69.1
Irlanda*	46.0	51.3	45.8	38.4
Italia	44.6	46.4	51.7	49.5
Japón	68.9	72.3	21.0	18.6
Holanda*	51.7	53.4	44.2	42.7
Noruega	51.6	45.6	45.3	50.8
España*	47.2	47.5	47.7	48.8
Reino Unido	46.0	50.4	43.4	36.5
EE.UU.	50.0	49.6	48.3	48.3
Yugoeslavia	59.6	53.6	28.4	42.9

* 1988.

Fuente: OCDE, Base de datos de la STIID.

dios de caso sobre las industrias mecánicas y de transporte revelan que los datos sobre la I+D subestiman las actividades que procuran mejorar la tecnología en las ramas que fabrican productos a pedido (como cierto tipo de equipamiento mecánico), en las que, pese a su importancia, frecuentemente la concepción no se considera como parte de la I+D.⁵ A menudo, las pequeñas empresas de ingeniería mecánica y eléctrica no tienen servicios discriminados de I+D; estas empresas realizan importantes actividades innovadoras que pueden tanto omitirse como registrarse en las estadísticas de I+D. También es frecuente que la ingeniería de proceso, que reviste gran importancia en

⁵ Este punto, como otros en este apartado, se basa en Nelson y Rosenberg (1990).

muchas ramas industriales, no sea plenamente contabilizada como actividad de I+D (Sahal, 1981). Para completar los datos provistos por los informes oficiales sobre la I+D, un número cada vez mayor de países ha comenzado a realizar encuestas sobre innovación.

Según las diferentes ramas industriales, la innovación proviene de fuentes científicas y técnicas muy diferentes. Por lo tanto, ésta ocupa un lugar de importancia variable entre el conjunto de los factores que influyen sobre la rentabilidad y la competitividad. En ciertas ramas, las firmas expresan una fuerte demanda de tecnología provista por otros sectores industriales; en otros casos, les basta esencialmente con su propia I+D (Pavit, 1984). Esas diferencias entre una rama y otra se reflejan en las grandes brechas entre los gastos efectuados por las empresas para I+D, así como en las fuertes diferencias que encontramos en las intensidades de I+D según las ramas (véase Cuadro 3). Los datos relativos a las intensidades promedio de I+D en la industria manufacturera por países presentados en el Cuadro 4 traducen el hecho de que las industrias no tienen la misma especialización industrial y se encuentran en estadios diferentes del proceso de acumulación de las capacidades de I+D.

Se requieren importantes esfuerzos tecnológicos para reaccionar ante la evolución de las demandas de los usuarios o para no dejarse superar y utilizar nuevas tecnologías creadas *hacia atrás*. En las ramas industriales en que la tecnología evoluciona rápidamente, las empresas invierten a menudo fondos considerables en la vigilancia tecnológica para las innovaciones introducidas por sus competidores y por el progreso del saber científico y técnico fundamental y aplicado. En general, todos los grandes laboratorios de empresa se ocuparon de crear su propio *puesto de vigilancia tecnológica* interno y sus propios mecanismos de asimilación. Esto posee una importancia particular para las industrias que dependen fuertemente de transferencias de tecnología entre ramas.⁶ Este trabajo puede o no ser registrado como actividad de I+D pero, independientemente de los procesos contables, los laboratorios industriales de I+D tienen igualmente por misión facilitar la introducción de conocimientos científicos y técnicos en el interior de la firma. Asimismo, sus redes de relaciones con los laboratorios universitarios se han presentado con frecuencia como *ventanas* abiertas a las nuevas evoluciones en ciencia y tecnología. El conjunto de esas observaciones tiene como resultado una nueva

⁶ Un estudio de las actividades ligadas a la innovación y de las inversiones de grandes firmas agro-alimentarias, en particular Unilever y Nestlé, incluyendo la organización de puestos de vigilia y el rol del departamento de ingeniería y de medios en I+D, puede encontrarse en OCDE (1979).

Cuadro 3. Intensidad de gastos de I+D según la zona de la OCDE
Ponderación de 11 países*. Gastos de I+D como porcentaje
del valor de la producción

1970		1980	
ALTO		ALTO	
1. Aeroespacial	25.6	1. Aeroespacial	22.7
2. Máquinas de oficina, computadoras	13.4	2. Máquinas de oficina, computadoras	17.5
3. Material electrónico y accesorios	8.4	3. Material electrónico y accesorios	10.4
4. Productos farmacéuticos	6.4	4. Productos farmacéuticos	8.7
5. Instrumental científico	4.5	5. Instrumental científico	4.8
6. Máquinas eléctricas	4.5	6. Máquinas eléctricas	4.4
MEDIO		MEDIO	
7. Productos químicos	3.0	7. Vehículos automotores	2.7
8. Vehículos automotores	2.5	8. Productos químicos	2.3
9. Otras industrias manufactureras	1.6	9. Otras industrias manufactureras	1.8
10. Refinerías de petróleo	1.2	10. Máquinas no eléctricas	1.6
11. Máquinas no eléctricas	1.1	11. Caucho, materiales plásticos	1.2
12. Caucho, materiales plásticos	1.1	12. Metales no ferrosos	1.0
BAJO		BAJO	
13. Metales no ferrosos	0.8	13. Piedras, arcilla, vidrio	0.9
14. Piedras, arcilla, vidrio	0.7	14. Productos alimenticios, bebidas y tabaco	0.8
15. Construcción naval	0.7	15. Construcción naval	0.6
16. Metales ferrosos	0.5	16. Refinerías de petróleo	0.6
17. Productos metálicos elaborados	0.3	17. Metales ferrosos	0.6
18. Madera, muebles	0.2	18. Productos metálicos elaborados	0.4
19. Productos alimenticios	0.2	19. Madera, muebles	0.3
20. Textiles, calzado, cuero y piel	0.2	20. Papel, materiales de imprenta	0.3
21. Papel, materiales de imprenta	0.1	21. Textiles, calzado, cuero y piel	0.2
* Alemania, Bélgica, Canadá, Estados Unidos, Francia, Japón, Países Bajos, Reino Unido y Suecia.			

Cuadro 4. Gastos en I+D de las industrias manufactureras en porcentaje del valor agregado

	1971	1975	1979	1981	1983	1986
EE.UU.	5.7	5.4	4.9	5.9	6.9	7.6
Japón	2.8	3.4	3.7	4.5	4.8	5.6
Alemania	3.4	3.7	4.5	4.3	4.8	5.2+
Francia	3.5	3.6	3.7	4.2	4.5	5.0+
Reino Unido	4.5	4.3	4.3	4.9	4.7	4.9+
Italia	1.5	1.5	1.5	1.9	3.0	3.2++
Holanda	4.1	4.5	4.6	5.3	6.2	6.5
Bélgica	2.1	2.9	3.2	3.7	4.1	4.4+
Dinamarca	—	—	2.3	2.6	2.0	3.2+
Irlanda	—	0.1	0.1	0.3*	—	—
Grecia	—	—	—	0.2	—	0.4
Portugal	—	—	0.2	0.4	—	—
España	—	—	—	0.6	0.8	1.2+
Canadá	2.1	1.7	1.9	2.7	—	—
Australia	0.4*	0.6	0.8	0.8	—	1.4+
N. Zelanda	0.6	0.7	0.7	0.6*	0.6	—
Austria	0.1	1.5	1.9*	2.1	2.3*	2.9+
Finlandia	1.8	1.7	2.0	2.4	2.9	3.2+
Noruega	1.6	2.0	2.4	2.6	2.9	3.7
Suecia	3.6	3.9	5.4	6.3	6.3	7.0
Suiza	—	—	—	6.5*	—	7.4*

* Estimación del Secretariado

+ : 1985 ++ : 1984

Fuente: OCDE (1989)

comprensión de los vínculos entre la producción de nuevos conocimientos científicos y técnicos y su asimilación y difusión.

En el caso de nuevas economías industriales (NEI) y de países en desarrollo, encontramos una dimensión suplementaria de esas relaciones. Estudios de caso, sector por sector y país por país, han revelado ya hace bastante tiempo que para ellos una innovación puede muy bien consistir en aprender a fabricar productos o en emplear tecnologías ya en uso desde hace mucho en las economías industriales. Los economistas especializados en el estudio del cambio tecnológico reconocen que este aprendizaje puede requerir considerables esfuerzos tecnológicos. En el caso de las NEI, la ingeniería reversa -aprender a producir desmontando los productos y los procesos para comprender su funcionamiento- puede demandar un esfuerzo intelectual conside-

rabie. Aun cuando generalmente no se la contabiliza como tal, la ingeniería reversa se acerca mucho al desarrollo y podría considerarse como I+D. A medida que las empresas y los países se actualizan, este tipo de actividad se relaciona cada vez más con la producción y comienza a ser contabilizada como actividad de I+D.

El financiamiento de la investigación fundamental a largo plazo y su organización institucional

A partir de la Segunda Guerra Mundial hasta mediados de los años sesenta, la investigación fundamental ha sido subvencionada en gran escala por los poderes públicos. Este apoyo se fundaba, obviamente, sobre el ejemplo de muchas invenciones militarmente decisivas de las décadas anteriores que se realizaron, tanto para destruir (la bomba atómica y los misiles de largo alcance), para salvar vidas humanas (la penicilina), como para la organización de operaciones (la investigación operacional e informática). Luego, la investigación fundamental recibió un sostén financiero -pero también político- más débil por parte de los poderes públicos.

Los poderes públicos comprobaron un creciente interés de parte de los industriales por la investigación universitaria y su disposición para financiar ciertas actividades en función de sus propias necesidades y según sus propias condiciones. Debido a las dificultades presupuestarias, muchos gobiernos tendieron a reducir su apoyo a la ciencia, en particular a la investigación fundamental, desarrollada con el presupuesto de la educación superior, esperando que esta reducción pudiera ser compensada por la industria.

Las universidades fueron alentadas para procurar el apoyo de los industriales bajo todas las formas posibles, especialmente mediante la ejecución de contratos de I+D a corto plazo o la realización de trabajos de reparación para empresas desprovistas de instalaciones técnicas internas apropiadas. Esto explica los resultados que aparecen en el último informe de la OCDE sobre los Indicadores de la ciencia y la tecnología.⁷

a) de 1975 a 1985, los gastos de I+D del sector de educación superior tuvieron una tasa anual de crecimiento que no superó el 3,5% (contra el 5% para el gasto bruto interno en I+D) y el 6% para la I+D industrial. Por lo tanto, la parte del sector de la educación superior en el esfuerzo total de I+D de los paí-

⁷ Véase la sección sobre I+D en la educación superior en OCDE (1989).

ses de la OCDE disminuyó. Las cifras más recientes publicadas en 1990 confirman esta tendencia;

b) un análisis más profundo ha mostrado que durante los años ochenta, esas cifras habrían podido ser menores si en los Estados Unidos (país donde los gastos en I+D en la educación superior representan alrededor del 43 % del total invertido por los países de la OCDE en ese sector) las universidades no hubieran recibido contratos sustanciales de I+D por parte de la *Space Defence Initiative Agency* del Ministerio de Defensa;

c) la estructura del financiamiento de la I+D universitaria evolucionó progresivamente, disminuyendo la proporción de "créditos generales" en favor de un financiamiento público directo, frecuentemente para programas con un perfil económico, social o regional determinado.

En consecuencia, en muchos países, la I+D del sector de la educación superior como porcentaje del crecimiento nacional de gastos en I+D se debilitó, a veces de manera muy radical (Figura 3). Entre las economías principales, los Estados Unidos constituyen una excepción y respecto de los otros países, se comprueba especialmente que la I+D realizada por la educación superior ha aumentado recientemente en Canadá.

Esa evolución de las políticas gubernamentales puede reflejar algunas incomprensiones en cuanto a la naturaleza y a la función de la investigación a largo plazo o investigación de base, y a las condiciones que favorecen el éxito de esa investigación. En las condiciones de la producción industrial moderna, la puesta a punto y la explotación de conocimientos científicos apropiados forman parte integral y son con frecuencia una condición necesaria del desarrollo de un nuevo paradigma tecnológico. Durante las primeras fases, los progresos científicos desempeñan un rol primordial y las relaciones entre la ciencia y las actividades técnicas prácticas son extremadamente estrechas. Es así que desde las primeras décadas del siglo XIX, los cambios en los paradigmas tecnológicos fundamentales de la producción industrial y de los sistemas de comunicación derivaron cada vez con mayor frecuencia de progresos científicos anteriores, especialmente en el campo de la química y la electricidad. Los primeros pasos de la microelectrónica lo demostraron puesto que, en lo que concierne a los semiconductores, el descubrimiento de ciertas propiedades ligadas a la mecánica cuántica (que, por otra parte, ha valido a sus autores un premio Nobel de física) se confundió totalmente en sus inicios con el desarrollo tecnológico del primer dispositivo microelectrónico.

Desde fines de los años setenta, ese tipo de relaciones se instauró nuevamente de un modo importante y casi espectacular en la ingeniería genética y la biotecnología. Un estudio bibliométrico, realizado a mediados de los años ochenta y publicado con un título revelador -¿La tecnología se vuelve ciencia?- mostró que los

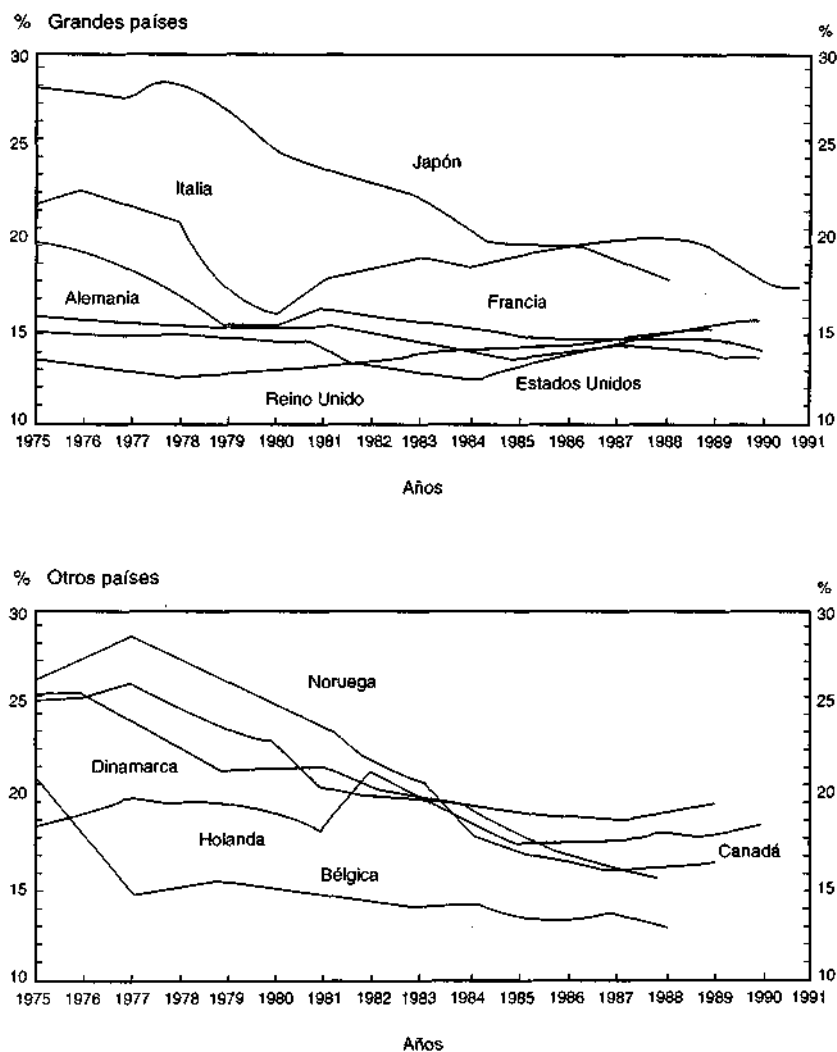
[...] desarrollos científicos de los cuales depende una tecnología patentada, al menos en las patentes vinculadas con la biotecnología, la preceden por muy poco. En verdad, estos desarrollos científicos son casi tan recientes como la tecnología patentada a la cual se hace referencia en esas patentes. Además, si se admite que hacen falta uno o dos años suplementarios para hacer el registro de una patente, las comunicaciones citadas en el proceso son casi tan recientes como las que ellas mismas dan como referencia. Esas patentes relativas a la biotecnología no se establecen a partir de antiguos datos científicos codificados que se encuentran en los tratados y otras obras de referencia, sino a partir de la ciencia de cada día, a medida que ésta emerge de los laboratorios de investigación [...] (Narin y Noma, 1985, p. 3).

Por esta razón, los laboratorios universitarios deben y deberían recibir contratos de I+D del sector privado o público para realizar actividades técnicas o trabajos de desarrollo. Sin embargo, esos contratos y los fondos correspondientes no deben sustituir a los créditos generales para investigación fundamental, sino agregarse a ellos. Estos no reemplazan y no pueden reemplazar los fondos consagrados a aumentar la suma de conocimientos fundamentales que son necesarios para todos los agentes del proceso económico, en el cual las empresas se sitúan en primera línea.

En efecto, la investigación fundamental de calidad conducida a una escala que permite lograr progresos científicos de envergadura no está al alcance más que de unas pocas empresas.⁸ Este tipo de investigación requiere montos elevados de inversión en I+D y un ambiente de investigación interno a la firma que contribuye al desarrollo y al debate de ideas en total libertad con otros investigadores. Además, los conocimientos desarrollados en el interior de las empresas hacen surgir problemas relativos a la propiedad industrial. Por todos esos motivos, la constitución de conocimientos científicos de tipo predictivo (véase más arriba) totalmente públicos, accesibles a todos los actores del proceso de innovación y en particular a las pequeñas empresas que no pueden mantener laboratorios de I+D, debe tener lugar en el marco de ins-

⁸ Los laboratorios Bell proveen algunos ejemplos espectaculares. A fines de los años veinte y comienzos de los treinta, la investigación pionera de Jansky sobre el nuevo radio-teléfono transatlántico tenía como primer objetivo disminuir o eliminar el ruido de fondo y, por lo tanto, mejorar la calidad de las comunicaciones. Pero el descubrimiento de lo que llamó el "ruido de estrella" (*bruit d'étoile*) marcó el nacimiento de la "radio-astronomía". Más recientemente, la investigación fundamental en el mismo rubro permitió a Penzias y Wilson, en un trabajo cuyo objetivo inicial consistía en mejorar la calidad de las transmisiones por satélite, descubrir elementos de confirmación de la teoría del "Big Bang" relativos a la formación del universo. Para un análisis más profundo y más ejemplos, véase Mowery y Rosenberg (1989, pp. 12-13).

Figura 3



Fuente: OCDE, sobre la base de datos de STIID, junio de 1991.

tituciones especialmente concebidas para la producción de conocimientos fundamentales, generales, precisos y públicos.

Las principales instituciones establecidas por la sociedad occidental para cumplir con este objetivo han sido las universidades, las sociedades de expertos y las academias. Esas instituciones proveyeron la base deontológica sobre la cual se establece la ciencia, especialmente en cuanto a las normas profesionales, las actitudes y los códigos de comportamiento que rigen la divulgación y la transmisión de nuevos conocimientos.⁹ Pero a causa del débil sostén de los gobiernos y de sus relaciones cada vez más estrechas con la industria, la ciencia, considerada como una institución independiente, con sus reglas específicas de deontología, está sometida a crecientes y notables presiones. En particular, el principio de la divulgación completa y rápida de nuevos conocimientos resulta violado con mayor frecuencia. Pueden lograrse beneficios financieros conservando en secreto ciertos conocimientos científicos vitales y sacándolos del laboratorio para llevarlos a un marco industrial en donde las empresas están en condiciones de retribuir la producción de conocimientos mediante una participación en los beneficios.

Es normal que los ministros de finanzas y los responsables de las políticas científicas y tecnológicas se preocupen por las prioridades necesarias de la investigación y por los mecanismos más apropiados para determinar las prioridades en materia de I+D. Un estudio reciente de la OCDE sobre las instituciones y los mecanismos de establecimiento de prioridades reconoce ese problema. El estudio revela un cierto número de tendencias comunes a los países de la OCDE, aun a pesar de su gran diversidad institucional (OCDE, 1991). Contiene sugerencias útiles para mejorar los mecanismos empleados, que hacen intervenir casi sistemáticamente una cooperación estrecha entre los científicos (quienes hacen evaluar sus proyectos por sus pares) y quienes están a cargo de las decisiones (los cuales recurren a criterios económicos y sociales para establecer las prioridades). Eso puede contribuir a evitar los argumentos que permiten adjudicar al sistema de investigación la responsabilidad por el debilitamiento de la investigación fundamental.

⁹ El papel que cumple la divulgación en la disponibilidad y la fiabilidad de los conocimientos es importante y puede ser subestimado. Véase Dasgupta y David (1988, pp. 19 y 29):

Divulgando un conocimiento, se aumenta la duración probable de su utilidad. En otros términos, la divulgación aumenta el valor de los nuevos descubrimientos y de las invenciones para la colectividad, reduciendo los riesgos de que permanezcan en manos de personas y de grupos que no poseen los recursos necesarios para explotarlos. En segundo lugar, la divulgación permite a los científicos de una misma disciplina analizar y evaluar los nuevos conocimientos, lo cual reduce el margen de error.

De todas maneras, el problema central no se sitúa en la elección de las prioridades científicas. Este reside en el hecho de que los niveles de salario y el estatus social del personal de investigación no industrial reflejan prioridades políticas y sociales más amplias. Sin embargo, es crucial mantener una oferta adecuada de personal científico y técnico. Existen dos aspectos interdependientes. El primero se relaciona con la necesidad de garantizar al conjunto de la economía, gracias al sector de educación superior, el suficiente personal calificado para las tareas ligadas a la producción y para los diversos tipos de investigación. El segundo aspecto corresponde a la necesidad de asegurar al sistema de investigación *stricto sensu* y al sector de educación superior en particular las condiciones que permiten proveer el personal necesario para mantener y extender la base de conocimiento. Esto quiere decir que es preciso que los salarios de los investigadores universitarios y sus colaboradores sean cercanos a los que se pagan en la I+D industrial, lo cual no es el caso en la mayor parte de los países de la OCDE. ESO permitirá continuar la producción de conocimientos nuevos libremente disponibles con el más alto nivel de calidad y perfección.

Si la remuneración de los trabajos universitarios destinados a producir saber, tanto abriendo caminos de investigación totalmente nuevos, como reforzando el carácter "exacto" de la ciencia en áreas vitales, continúa cayendo en comparación con los salarios pagados en la I+D industrial, los resultados son fácilmente previsibles (Dasgupta y David, 1988). El debilitamiento de la investigación universitaria obligaría a los ingenieros a intentar resolver los problemas de producción ligados a la tecnología por caminos más complicados que lo necesario, lo que incrementaría los costos de desarrollo; las grandes empresas que poseen laboratorios muy avanzados buscarían producir una parte de los conocimientos de base por su propia cuenta, pero esos trabajos serán secretos y por lo tanto se multiplicarán vanamente las actividades de I+D, en busca de los mismos resultados. Las empresas dispondrán de los conocimientos que son de su propiedad exclusiva en las condiciones que ellas mismas fijarían. Sobre esta base se intercambian ya entre firmas conocimientos tácitos o semicodificados, pero crear condiciones económicas y sociales para extender estas reglas de juego al conjunto de la producción de conocimientos tendría consecuencias sumamente serias.¹⁰

¹ Dasgupta y David (1988) insisten en la cuestión con elocuencia:

El fondo común de saber es un aporte esencial en la producción de nuevos conocimientos. Por eso la tecnología se inspira tan largamente en los fundamentos teóricos provistos por la ciencia. Llevando las cosas al extremo, si la ciencia debiera cesar sus actividades, tecnológicamente hablando, cada empresa

Ciencias de transferencia

Una vez reafirmada la dependencia de la sociedad industrial respecto de la ciencia fundamental, se debe prestar atención a las disciplinas susceptibles de establecer un puente entre el tipo de conocimiento producido por la ciencia fundamental y el tipo de conocimiento necesario para las firmas y para los administradores en su actividad cotidiana. Los laboratorios de I+D industrial y las asociaciones de investigación específicas de una rama industrial son instituciones surgidas del sector industrial que tienen por vocación el establecimiento de ese puente, pero ese acercamiento debe estar igualmente organizado a partir de laboratorios universitarios y centros de investigación públicos. Este esfuerzo puede ser complementario a las medidas tomadas por el sector industrial o puede ser una iniciativa necesaria cuando las empresas no están aún dispuestas a tomar ellas mismas las medidas necesarias para acortar la distancia existente. Históricamente, por ejemplo, los gobiernos han actuado de manera particularmente activa en la agricultura, área en la que alentaron el desarrollo de la agronomía, la formación de ingenieros agrónomos y la puesta en marcha de servicios de difusión tecnológica. Por lo tanto la agricultura logró una larga y particularmente exitosa serie de realizaciones en materia de creación de "ciencias de transferencia" bajo formas apropiadas¹¹

se encontraría, *grosso modo*, tributaria de su propio fondo de conocimiento. Eso obstaculizaría enormemente el proceso tecnológico, en la medida en que la mayoría de las empresas pertenecientes a ramas de industria dependientes de la ciencia estarían obligadas a sobreocuparse realizando actividades de investigación. Por supuesto, los responsables son conscientes de la importancia considerable del papel de la ciencia para los técnicos, en la producción de bienes destinados al público. Por eso vemos grupos de empresas con vocación tecnológica asociarse a su propio movimiento para apoyar actividades reglamentadas por las normas en vigor en el mundo científico (pp. 52-53).

En sentido contrario, ciertos gobiernos han comenzado a descuidar peligrosamente el peso de la ciencia en la producción de bienes destinados al público y su rol social. Según Dasgupta y David:

El argumento invocado es que si es necesario que se realice una investigación de alguna utilidad, ella se realizará en tanto que I+D industrial, por organismos especializados en la tecnología, a menor costo y sin demandar fondos públicos. Para hablar simplemente, eso revela un desconocimiento consternante de la dimensión socio-económica de la ciencia y de la tecnología. En tales condiciones (de privatización de la actividad científica), el crecimiento económico moderno podría todavía continuar alimentándose en las fuentes de conocimientos científicos y tecnológicos, pero perdería el carácter continuo que según numerosos autores lo distingue fundamentalmente del modo en que evolucionaba la economía anteriormente (p. 58).

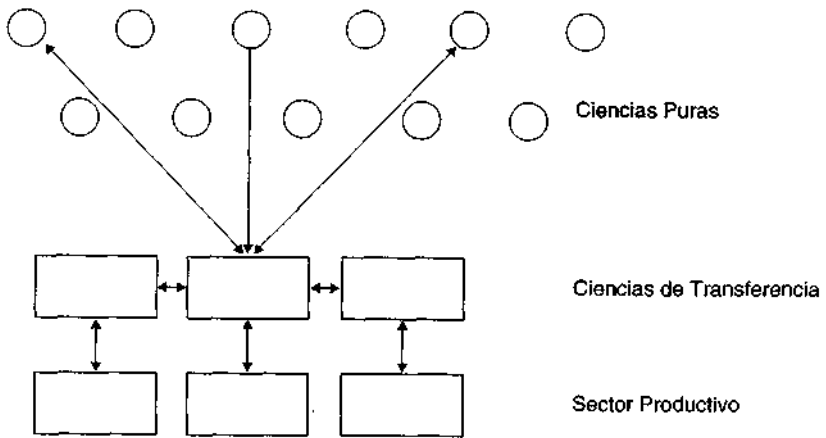
¹¹ La expresión "ciencias de transferencia" fue inventada y desarrollada en el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) en Francia. Ha sido utilizado en el CNRS con una óptica estratégica desde mediados de los años setenta. Véase la historia reciente del CNRS, publicada en ocasión de su 50 aniversario: Picard (1990), pp. 262-263.

La noción de ciencias de transferencia aborda de manera metódica el establecimiento de *pasarelas* entre la ciencia y la tecnología. Esta noción supone una distinción entre dos grupos de ciencias: "las ciencias puras" y las "ciencias de transferencia". Las características de las "ciencias puras" comprenden el carácter fundamental de sus actividades (la exploración de las fronteras del conocimiento sin preocuparse por las incidencias prácticas de los resultados), sus reglas y códigos de comportamiento relativos a la divulgación y la confirmación de los conocimientos, su origen (universidades o laboratorios públicos estrechamente vinculados con las universidades), su financiamiento (principalmente a partir de fondos públicos) y su prioridad en relación con la formación (la formación de investigadores para su acceso a los laboratorios consagrados al estudio de ciencias fundamentales). Los temas abordados por esas disciplinas pertenecen esencialmente a las áreas de las ciencias físicas y biológicas y los científicos que se dedican a ellas forman comunidades sólidas a escala nacional e internacional.

Las "ciencias de transferencia" (que engloban las diversas ramas de la ingeniería o ciencias tecnológicas) tienen en común con las ciencias puras el interés por la "ciencia exacta"; aparte de esto, ambas tienen características relativamente diferentes: su actividad está principalmente guiada por el deseo de resolver problemas surgidos de actividades sociales o económicas, sus centros de investigación se sitúan en las universidades técnicas, las escuelas de ingenieros, los establecimientos sectoriales de I+D públicos y la industria, el sector industrial asegura una buena parte de su financiamiento, sus investigadores son normalmente empleados por la industria. Esas ciencias de transferencia abordan temas ampliamente ligados a objetos y fenómenos artificiales y las comunidades de investigación en esas áreas están muy próximas de las profesiones más interesadas por la aplicación de sus resultados. Sería erróneo, como en el caso de las ciencias tecnológicas (que sin duda deben clasificarse dentro de las ciencias de transferencia) considerar esas ciencias como simples "ciencias aplicadas" situándose *hacia adelante* de la "ciencia fundamental". La existencia de *pasarelas* en la estructura de las ciencias de transferencia no quiere decir que no se trate de áreas dotadas con sus propios principios de organización interna.

Las ciencias de transferencia desempeñan un papel esencial sirviendo de interfase entre el mundo de las "ciencias puras" y el de la industria (Figura 4). Se ocupan de problemas concretos que se presentan efectivamente en todos los campos de la actividad humana. Consideradas como "áreas" o "disciplinas", las ciencias de transferencia pueden extender las fronteras clásicas que separan la "ciencia" de la "tecnología" (véase recuadro 7): las mismas estructuras de organización (tanto si se trata de empresas como de universidades) pueden, en ciertos casos, engendrar *innovaciones* simultáneamente en

Figura 4



Fuente: OCDE, sobre la base de datos de STIID, junio de 1991.

los conocimientos tecnológicos y científicos. Sus fronteras no son siempre netas, a menudo son pluridisciplinarias (por ejemplo, las ciencias de los materiales) y su desarrollo analítico refleja en gran parte las necesidades sociales y económicas. Esas disciplinas desempeñan las funciones de toda disciplina científica (es decir, creación, transmisión y organización de ciertos tipos de conocimiento) y tienen también por objetivo llevar a cabo o mejorar proyectos técnicos. Desde el punto de vista de la sociología de las ciencias, ellas hacen intervenir "comunidades híbridas" (Blume, 1990) constituidas por personas que poseen los mismos conocimientos generales y la misma formación inicial, algunas que trabajan en el marco de la "ciencia pura", o al menos cerca de ella, y otras en la industria.¹² Por su importancia creciente y su complejidad,

¹² Las ciencias sociales son un caso aparte: a la vez disciplinas teóricas fundamentales y disciplinas de transferencia. La "ingeniería social" no ha alcanzado el estatuto de disciplina reconocida e institucionalizada pese a los numerosos ejemplos de aplicación de la psicología, de la sociología y la economía. Los aportes de las cien-

Recuadro 7. Presentación inicial de las ciencias de transferencia

A. Áreas de la ingeniería:

- Ingeniería mecánica (fluidos, sólidos), ingeniería civil, ciencia geotécnica.
- Ciencia térmica, termodinámica, ciencia de combustiones.
- Ópticas, ciencias del láser, ingeniería eléctrica.

B. Áreas ligadas a las tecnologías de la información:

- Microelectrónica, automatización y robótica.
- Ciencia informática.

C. Áreas ligadas a la química:

- Ciencia de los materiales, ingeniería química.
- Química de base (toda la química con excepción de ciertos sectores como la química cuántica, la bioquímica y la geoquímica).

D. Áreas ligadas a la medicina, la farmacia y la agronomía:

- Biotecnología, microbiología, química farmacéutica, investigación química, ciencias de la tierra y diferentes sectores agronómicos.

E. Ciertas áreas de las ciencias sociales que requieren una definición más precisa.

Fuente: OCDE, sobre la base de sugerencias efectuadas por Blume (1990).

la política científica debería tener como objetivo, entre otros, la creación y el apoyo de una red de relaciones y vínculos entre los diferentes tipos de instituciones, es decir, entre aquellas que producen y aquellas que utilizan la investigación.

ciencias sociales favorecen el desarrollo de proyectos técnicos (por ejemplo los arquitectos han recurrido a ellas tanto como a las ciencias "exactas"), pero producen también sus propias realizaciones bajo la forma de interpretaciones del funcionamiento de la sociedad. Aquí tampoco son unívocas las relaciones entre una disciplina y una profesión conexa. Sin duda, los sociólogos y los economistas emplean conceptos tomados de la sociología y la economía, pero se sirven igualmente de herramientas proporcionadas por las matemáticas, las ciencias biológicas o la psicología. Como en los progresos técnicos, para avanzar en la resolución de problemas sociales, son necesarias investigaciones pluridisciplinarias.

3. Continuidades y discontinuidades de la tecnología

Los dos modos tradicionales de describir los principales determinantes del cambio técnico son los de la atracción creada por la demanda y del impulso ejercido por la tecnología. El primero refleja el carácter central de las fuerzas del mercado en la orientación de la tecnología, las variaciones de la demanda, de los costos, de los precios y las oportunidades de beneficio que influyen sobre las motivaciones de las empresas y hacen progresar el avance técnico. El segundo atribuye a los avances autónomos de la ciencia pura y de la capacidad tecnológica, y más generalmente al campo del saber, el rol principal en la innovación.¹³ Los dos enfoques presentan problemas.¹⁴

El enfoque sintético, el más prometedor, reconoce al proceso de innovación "funcionamientos propios" que no pueden ser descriptos como simples respuestas flexibles al cambio de las condiciones de mercado y de la base científica de la industria. La definición más completa de un contexto económico que determina los progresos tecnológicos y en el cual la tecnología y la política pública interactúan, debe tener en cuenta las variaciones de la demanda del mercado, de los precios y de la rentabilidad, así como también el rol de las instituciones y de los factores de orden sistémico. El "aspecto acumulativo" de la tecnología, la noción de "trayectorias tecnológicas" y la de "rendimientos crecientes de adopción" deben todos considerarse como parte de este abordaje más amplio.

¹³ Para un análisis detallado de esas dos hipótesis, véase Kamien y Schwartz (1982).

¹⁴ El enfoque basado en la "atracción de la demanda" (*demandpull*) supone una visión reaccionaria y mecánica del cambio de las técnicas productivas, definiéndose el contexto económico de manera demasiado estrecha en términos de mercados representados por las variaciones de precios, costos y rentabilidades y en términos de "necesidades de los usuarios". El enfoque es incapaz de tomar en cuenta las discontinuidades y los elementos exteriores al mercado que caracterizan la naturaleza extremadamente particular del proceso de innovación (Mowery y Rosenberg, 1979). Las dificultades del abordaje en términos de impulso tecnológico (*technology push*) son opuestas pero largamente complementarias. En lugar de introducir el rol de las instituciones y la interacción de factores ligados o no al mercado en el proceso de innovación, las teorías del impulso tecnológico ignoran los factores económicos y dan una explicación lineal y unidireccional de la relación ciencia-tecnología-producción. El crecimiento de la base científica se presenta como determinado de manera exógena y no se hace ningún intento por ponerlo en relación con la evolución de las tecnologías o con las modalidades industriales, institucionales o de mercado que lo fundamentan.

Los aspectos acumulativos de los conocimientos científicos y técnicos

En el curso de los últimos diez años, se ha puesto de relieve con frecuencia la aptitud de la tecnología para provocar cambios radicales. En otros trabajos se hace énfasis, de manera igualmente enérgica, en los caracteres multiformes, a menudo "increméntales" y necesariamente acumulativos, de la tecnología. A lo largo del TEP, se han subrayado estos últimos aspectos y también las relaciones que vinculan la tecnología con ciertas transformaciones estructurales y con cambios organizacionales importantes. La importancia atribuida al carácter acumulativo de la tecnología sirve para subrayar el hecho de que para desarrollar y utilizar plenamente nuevas tecnologías, son necesarios procesos de aprendizaje largos y complejos, tanto por parte de las empresas que originan la innovación como por parte de las empresas que se confrontan con la nueva tecnología en fases ulteriores de su desarrollo, en relación con el proceso de difusión (véase recuadro 8). Esos procesos de aprendizaje comprenden el aprendizaje por la práctica (por ejemplo, aumentar la eficacia de operaciones de producción), el aprendizaje por el uso (por ejem-

Recuadro 8. El crecimiento de los conocimientos: el efecto "bola de nieve"

Para describir el proceso que alimenta el *stock* de conocimientos y de tecnologías, podemos servirnos de la imagen de la bola de nieve. Para que la bola de nieve pueda rodar y crecer, debe darse un cierto número de condiciones:

- Es preciso disponer desde el comienzo de una masa crítica: una base de conocimientos/tecnologías es indispensable para entrar en el círculo virtuoso de la tecnología y el crecimiento; cuando esta masa crítica no existe o es insuficiente, los poderes públicos tienen que ayudar a su creación y comenzar a hacer rodar la bola de nieve.
- La bola tiene que encontrar nieve en su trayectoria: hace falta un contexto rico en conocimientos libremente accesibles, es decir, un contexto que ofrezca abundantes elementos producidos por un conjunto denso de redes formales e informales. Los poderes públicos deben ocuparse de controlar que ese tipo de conocimientos se encuentren públicamente disponibles.
- La bola debe poder aumentar y adquirir así velocidad: la capacidad de absorción de las empresas es esencial para transformar un contexto favorable en ventajas económicas reales; la acción pública puede contribuir en ese plano al desarrollo de la capacidad de las empresas para utilizar los conocimientos disponibles fuera de ellas.

pío, utilizar más eficazmente sistemas complejos), el aprendizaje por la interacción (asociando usuarios y productores en una interacción que supone innovaciones en los productos) e incluso el "aprendizaje por el aprendizaje", donde la capacidad de las empresas para asimilar las innovaciones realizadas fuera de ellas depende de su experiencia en materia de aprendizaje, enriquecida ésta misma por la I+D o por otras inversiones inmateriales (Cohen y Levinthal, 1989).

Las empresas, instituciones y países que habrán tenido la ocasión de adquirir las calificaciones requeridas y de crear la base necesaria para el aprendizaje acumulativo tendrán mayor capacidad para adaptarse en períodos de transición. En efecto, si el cambio tecnológico torna obsoletos los equipos y ciertas calificaciones técnicas precisas, no tiene poder para destruir las instituciones o empresas, ni tampoco los conocimientos que se han acumulado en ellas a través del aprendizaje institucional.¹⁵ No es sino a partir de recortes presupuestarios radicales, malas gestiones o fusiones y adquisiciones realizadas sin tener en cuenta el aprendizaje acumulado en el seno de las organizaciones y firmas en cuestión, que las bases sobre las cuales ha tenido lugar el aprendizaje tecnológico pueden ser destruidas.

En la medida en que la acumulación tecnológica y la larga elaboración de calificaciones se han realizado a través de procesos de aprendizaje internos a las empresas o en relación inmediata con su actividad, las firmas tendrán posibilidades válidas de reestructurarse, de adaptarse y de sobrevivir al cambio tecnológico radical. Es lo que ocurre cuando la base de aprendizaje existe de manera aislada (como en el caso de las firmas pequeñas de construcción mecánica o eléctrica) o combinada con características de tamaño, financieras o relativas a un cierto grado de poder de mercado (para las más importantes). Los trabajos sobre empresas multinacionales muestran un grado actual bastante elevado de estabilidad en el grupo de empresas líderes, atribuible en buena parte a la acumulación tecnológica que supieron efectuar (Cantwell, 1989). Esta acumulación permite explicar la fuerza que la "causalidad inversa" (Nelson, 1981b) (es decir, el refuerzo más que el debilitamiento de la concentración, en un contexto de cambio técnico) viene significando desde hace veinte años.

De todas maneras, para que estas afirmaciones tengan validez, es preciso que la acumulación tecnológica y el aprendizaje institucional hayan tenido realmente tiempo de producirse. Si bien éste es el caso en casi todos los

¹⁵ Véase Johnson (en prensa).

países de la OCDE, no puede decirse lo mismo en el caso de los países en desarrollo. En estos últimos, la ausencia de "acumulación tecnológica" debe adjudicarse a numerosos factores, responsables de su situación actual. Las nuevas economías industriales y sus empresas han llegado al umbral crítico en lo que respecta a la acumulación tecnológica, al proceso de aprendizaje y a la base institucional que posibilita esta acumulación. Otros factores, bien diferentes de la capacidad tecnológica (especialmente factores sociales y políticos), pueden haber desempeñado una función decisiva para explicar los variables grados de éxito obtenidos por los NEI (por ejemplo, el contraste entre Corea del Sur y el Brasil), a lo largo de los años ochenta y comienzos de esta década.

Las nociones de paradigma y trayectoria tecnológicos

Las investigaciones sobre la economía de la innovación y del cambio técnico han tenido recientemente dos avances significativos que permiten comprender más cabalmente los procesos de desarrollo de una tecnología y los mecanismos económicos y sociales de la elección de una tecnología dada por sobre otra. El primer avance se funda en las investigaciones ligadas a la idea de trayectorias tecnológicas, mientras que el segundo está ligado al desarrollo de la teoría de los rendimientos crecientes de adopción.

El concepto de "trayectoria tecnológica" expresa analíticamente el carácter fundamentalmente acumulativo y evolutivo del desarrollo y del cambio de tecnologías a medida que se difunden y se utilizan en la producción y los servicios¹⁶ (véase recuadro 9). Expresa también la idea según la cual, luego de avances científicos y tecnológicos de carácter paradigmático, existe al comienzo (de la trayectoria) un cierto potencial tecnológico que puede explotarse y desarrollarse. Los teóricos y los historiadores de la innovación tecnológica definen ese potencial con la ayuda de diversas terminologías, tales como "principios técnicos genéricos", "indicadores tecnológicos", "sistemas tecnológicos", "modelos dominantes" y actualmente con mayor frecuencia "paradigmas tecnológicos".

Como todo paradigma científico (Kuhn, 1962), un paradigma tecnológico (Dosi, 1982 y 1984) engloba una definición del problema pertinente y un mo-

¹⁶ Para una exposición completa y reciente de algunas interpretaciones paralelas, pero sin embargo diferentes, de la noción de trayectoria tecnológica, véase Dosi (1988), pp. 1128 y ss.; Gaffard y Zuscovitch (1988), p. 628; y Gaffard (1990).

Recuadro 9. Evolución de una trayectoria tecnológica

- Explotación de un impulso inicial aportado por un nuevo paradigma tecnológico surgido de un campo tecno-científico y del cual resulta un nuevo eje de desarrollo industrial que en este estadio no se apoyará necesariamente en un esfuerzo importante de I+D.
- Un proceso acumulativo que implica que, a medida que se produce la evolución, la gama posible de elecciones se restringe. Esta restricción del campo de las posibilidades inscribe de algún modo la trayectoria tecnológica sobre un tronco principal cuyo crecimiento se estabilizará gradualmente.
- Una multiplicación de las diferenciaciones y diversificaciones de las aplicaciones del paradigma original, basada en el esfuerzo de I+D que tiende a amplificarse para crear, a partir del tronco original, ramificaciones que son otras tantas sub-tecnologías generadoras de diversos productos.
- La entrada en una fase de saturación donde la renovación y los beneficios de productividad correspondientes a una eficacia creciente en la explotación del *stock* de conocimientos disponibles (eficacia por otra parte difícil de medir) implican un esfuerzo mayor de creatividad para logros cada vez más limitados. Esos logros aparecen especialmente en esa fase bajo la forma de combinaciones de funciones técnicas (*walk-man*) o de una mejora de los servicios prestados a los usuarios.
- El relanzamiento eventual, en la medida en que la trayectoria manifiesta una capacidad de reconstruir su potencial para extender en el tiempo los límites del impulso. Este relanzamiento es posible porque las trayectorias no son independientes unas de otras y porque se nutren mutuamente al tiempo que se combaten, como por ejemplo la aparición de nuevos materiales que dinamizó la siderurgia, reemplazando y desplazando el nivel de rendimiento. El relanzamiento también puede ser consecuencia de un progreso científico (el transistor para las computadoras), o de un impulso del mercado (lanzamiento de la producción de barcos a vela para la navegación deportiva).

do de investigación. Define las necesidades que se consideran satisfechas, los principios científicos que se utilizarán y la tecnología concreta que se pondrá en acción. Representa un conjunto de principios que estipula de manera clara las orientaciones que se imprimirán al cambio tecnológico. Los paradigmas tecnológicos tienen características heurísticas bien marcadas. Los esfuerzos y la imaginación tecnológica de los ingenieros y de las organizaciones en las cuales trabajan, se canalizan en direcciones muy precisas de modo que están "ciegos" para otras posibilidades tecnológicas. La definición de un paradigma tecnológico surge de la tarea genérica a la cual se aplica la tecnología (por ejemplo, amplificación y conversión de señales eléctricas), de la tecnología concreta que se elige (por ejemplo, semiconductores y, más particularmen-

te, silicio), de las propiedades físicas y químicas que explota (por ejemplo, el "efecto de transistor" y el "efecto de campo" de los materiales semiconductores), de las dimensiones y negociaciones tecnológicas y económicas que implica (por ejemplo, densidad de los circuitos, velocidad, insonorización, dispersión, banda de frecuencia, costo unitario).

Las trayectorias tecnológicas corresponden a procesos específicos. A la luz de los estudios realizados en los años ochenta, la noción de trayectoria no puede ser reducida a su interpretación inicial de trayectoria "natural" de las tecnologías, correspondiente a los fenómenos de mecanización creciente y de explotación de las economías de escala latentes. En cada industria o sector, la evolución tecnológica adopta una configuración particular que depende del área tecnológica de partida. Las ramas de la economía presentan diferencias significativas en su capacidad para explotar las trayectorias generales naturales dominantes y esas diferencias influyen sobre el crecimiento o fracaso de ciertas ramas de actividad o de tecnologías (Nelson y Winter, 1977).

Competencia entre tecnologías y rendimientos crecientes de adopción

Si bien todas esas nociones permiten una mejor comprensión de los mecanismos del desarrollo tecnológico, no dilucidan las cuestiones ligadas a la selección y la estabilización de las tecnologías. En otros términos, esas nociones no permiten comprender por qué una tecnología determinada prevalece sobre otra y tiene éxito allí donde otra fracasa. Esta cuestión será abordada en dos niveles: el del papel que desempeñan los factores económicos, institucionales y sociales en los mecanismos globales de selección de la tecnología (véase recuadro 10), y el del papel de un conjunto más restringido de elementos que llevan a los rendimientos crecientes de adopción.

La explicación convencional de la no adopción y de la desaparición de una tecnología afirma que eso ocurre porque la tecnología en cuestión era intrínsecamente inferior a la tecnología rival. Sin embargo, si concebimos la tecnología como "punto de llegada", la inferioridad (o la superioridad) intrínseca sólo puede establecerse si dos tecnologías tienen un nivel equivalente de desarrollo. Por lo tanto, toda explicación de los mecanismos de selección y de competencia tecnológicas debe preguntarse primeramente si los procesos en cuestión se encuentran en el punto de llegada y, en segundo lugar, si la tecnología eliminada no estuvo sujeta a una acción que condujo a su eliminación, de modo que solamente a posteriori se presentó como menos válida que la otra. Para explorar aún más esta cuestión, es necesario referirse al concepto de "rendimientos crecientes de adopción" y a las nociones asociadas de "externalidades de la red" y de "efecto de cierre" (*lock in*).

Recuadro 10. Factores que intervienen en la selección de tecnologías

Los factores económicos, institucionales y sociales tienen como vocación primera y decisiva la de elegir entre diferentes caminos posibles en cada nivel, desde la investigación a los esfuerzos tecnológicos. Esta selección se apoya en un cierto número de criterios bastante evidentes y generales como la factibilidad, las posibilidades de comercialización y la rentabilidad. La elección entre los paradigmas tecnológicos es por lo tanto amplia y es imposible clasificarlos *ex ante*, habida cuenta de la incertidumbre intrínseca de sus resultados, tanto en lo que respecta al éxito tecnológico cuanto al económico.

Además, es preciso incluir otras variables más específicas, particularmente las siguientes:

- a) los intereses económicos de la organización que efectúa trabajos de I+D en el área de las nuevas tecnologías;
- b) sus antecedentes tecnológicos, sus áreas de conocimiento experto, etcétera;
- c) variables institucionales en sentido estricto, tales como las políticas de compra de los organismos públicos (los sistemas de armas, el espacio, la energía, etcétera).

Todos esos factores tendrán probablemente como efecto la canalización del desarrollo tecnológico en direcciones bien definidas. Conviene subrayar que, en particular, las prioridades de los poderes públicos y los niveles de financiamiento son importantes en relación con la selección de una trayectoria particular. La electrónica y sobre todo el sector de los semiconductores y las computadoras durante los veinte años de la posguerra ofrecen un ejemplo manifiesto de esta situación. Los programas militares y espaciales han funcionado como un poderoso mecanismo de focalización para definir los objetivos tecnológicos asegurando al mismo tiempo la ayuda financiera necesaria para la I+D y garantizando mercados públicos.

Otro criterio de selección decisivo en las economías capitalistas reside probablemente en la posibilidad que se ofrece a las nuevas tecnologías de economizar costos y, en particular, mano de obra: ese criterio se inscribe evidentemente en línea recta con la idea formulada por Nelson y Winter sobre las "trayectorias naturales" hacia la mecanización y la explotación de las economías de escala (1977, pp. 36-77). No hay ninguna duda de que en las sociedades donde los conflictos industriales y de distribución de los ingresos constituyen características estructurales, la sustitución del trabajo por medio de máquinas debe ser una incitación poderosa para la búsqueda de nuevas tecnologías.

De manera más general, las formas de los conflictos industriales y sociales juegan a la vez como criterios negativos (qué desarrollos excluir) y como criterios positivos (qué tecnologías elegir) en el proceso de selección de nuevos paradigmas tecnológicos. En este sentido, sería quizás posible definir una relación a largo plazo entre las líneas de fuerza del desarrollo social y los paradigmas tecnológicos seleccionados. (Un ejemplo a todas luces evidente de esta situación es la asociación entre las relaciones profesionales a fines de siglo pasado y la selección y el desarrollo de modalidades de cambio técnico "taylorianos" en las industrias mecánicas.) (Dosi, 1984b, pp. 84-87.)

La idea de base de las investigaciones actuales sobre la teoría de los "rendimientos crecientes de adopción" es que una tecnología no es elegida porque es eficaz sino que se vuelve eficaz precisamente porque es elegida. Así, las características que conferirán su superioridad a una de las dos tecnologías en competencia se adquieren en el curso mismo de su desarrollo y difusión. Este nuevo enfoque en el análisis de la selección de las innovaciones reenvía al estudio de los mecanismos por los cuales la secuencia de las elecciones determina la superioridad y la inferioridad de cada una de las dos tecnologías en cuestión. "Lo que hace interesante la competencia entre tecnologías es que cuanto más se adopten las tecnologías, más atractivas -es decir, más desarrolladas, más extendidas y más útiles- serán" (Arthur, 1988, p. 590).

La principal fuente de rendimiento creciente de adopción proviene del aprendizaje por el uso: cuanto más se difunde una tecnología, más importante es el aprendizaje asociado a su utilización; cuanto más se mejora, más oportunidades tiene de ser adoptada por otros. Se comprende que el resultado de la competencia entre dos tecnologías está basado fundamentalmente en las estrategias de elección de los primeros usuarios, que van a localizar efectivamente el cambio técnico en una tecnología determinada, haciéndola más atractiva en relación con su rival. Estos primeros usuarios fijan de modo casi irreversible el proceso de adopción, del cual será cada vez más difícil desviarse. Los procesos de difusión reciben pues la influencia de tales "externalidades de red".

Las externalidades de red intervienen del mismo modo modificando la economía de una tecnología a medida que se difunde. Incluso sin mejoras o cambios materiales significativos, se produce un efecto de cierre (véase recuadro 11). Basta que una cantidad creciente de usuarios entre en su órbita para que esta tecnología se torne cada vez más seductora para los siguientes usuarios. A esto se agrega el hecho de que una nueva tecnología particularmente apta desde el punto de vista funcional crea y aumenta su propio mercado y se beneficia entonces de rendimientos crecientes tanto más importantes. Antes de su aparición, no había demanda para el teléfono o la computadora. Pero cuanto más abonados al teléfono y más usuarios de computadoras hay, más rentable resulta unirse a ellos. A través del análisis de los rendimientos crecientes de adopción y los efectos de cierre, se ha modificado recientemente el criterio, tanto conceptual como técnico, para la elaboración de normas en las industrias fuertemente internacionalizadas, cuyos costos de inversión son muy elevados, como las telecomunicaciones y la telemática.

Ese tipo de proceso de selección irreversible puede muy bien desarrollarse en el plano internacional. Puede también tener efectos sobre las barreras industriales y afectar la competitividad de las firmas e incluso de

**Recuadro 11. Procesos de cierre y rendimientos
crecientes de adopción**

Basándose en el estado actual de los conocimientos de ese proceso (para un panorama completo de esos aspectos véase Foray, 1990) cinco "hechos estilizados" caracterizan la competencia entre tecnologías, los efectos de bloqueo (y de salida) y los rendimientos crecientes de adopción:

- En el curso del proceso de competencia, es decir, durante la secuencia de selección, en un momento dado interviene una situación de cierre, es decir, de bloqueo del proceso sobre una de las tecnologías en cuestión.
- La tecnología ganadora no es necesariamente la mejor (la que aseguraría los mejores rendimientos al término del proceso de aprendizaje).
- Las posibilidades de intervención de los poderes públicos, con el fin particular de evitar la victoria de la tecnología inferior, pueden ser extremadamente reducidas, sobre todo si no se tiene en cuenta el rol del estado para la adopción de tecnologías.
- Incluso si se demuestra que la solución que se impuso como tecnología dominante no es la mejor, la sustitución de una tecnología por otra -o proceso de conversión- es sumamente difícil de realizarse, en particular a causa de los fenómenos de información imperfecta, de falta de coordinación entre los usuarios y de la ausencia de interrelaciones tecnológicas.
- En función de ese carácter casi inexpugnable de una tecnología dominante, la competencia entre diferentes trayectorias se desarrolla en un sistema que "prefiere" establecer complementariedades o relanzar trayectorias saturadas más que operar reconversiones o sustituciones radicales. Esto se ve perfectamente, por ejemplo, en las interacciones entre nuevos y viejos materiales.

industrias enteras. Estudios comparativos efectuados sobre las industrias de la fundición en Alemania y en Francia revelaron que en el primer país ciertas tecnologías se beneficiaron con un mercado más amplio y más dinámico. Estas tecnologías se implantaron más amplia y profundamente y resistieron mejor las fluctuaciones posteriores del mercado, apoyándose en las ventajas acumuladas que resultaban de la experiencia de los usuarios y comportaban un mejoramiento continuo de los procedimientos (Foray, 1989). Las implicaciones de estas cuestiones sobre la competitividad internacional, las transferencias internacionales de tecnología y la situación de

las nuevas economías industriales y otros países en desarrollo se tratan en otros capítulos de este informe.

4. Algunas conclusiones con vistas a la acción pública

Si bien este primer capítulo procuró dar apenas un vistazo global de los mecanismos del sistema de la innovación, no deja de ser útil para permitir ciertas conclusiones para la acción pública.

La L+D industrial

La investigación industrial no es la única fuente de que la firma dispone para innovar y el registro de las sumas afectadas en ella no basta para medir su efecto. Sin embargo, la evaluación cuantitativa de la investigación dentro de las empresas constituye por el momento el medio más utilizado y menos objetado por los gobiernos para apreciar el nivel de innovación en la industria nacional. El más conocido de esos indicadores mide la relación entre los gastos industriales de investigación y el producto nacional bruto (PNB) (véase cuadro 1).

Ese tipo de indicador refleja dos fenómenos: primero, la propensión de las firmas de un país para realizar más o menos I+D que el promedio de las firmas del mismo sector en los países de la OCDE; y segundo, la estructura industrial del país, en relación con los perfiles sectoriales (con menos industrias de alta tecnología, la intensidad promedio de I+D será débil) y con el perfil de tamaño (las grandes empresas sacan más ventajas de las economías de escala y realizan proporcionalmente más I+D que las firmas pequeñas). A pesar de sus limitaciones (entre las que se cuenta el hecho de que la tecnología adquirida mediante la compra de máquinas elaboradas no se refleja en los resultados), los gobiernos continúan controlando muy estrictamente este indicador. Por debajo del 1%, revela una economía frágil; por debajo de 0.2%, debe realizarse un esfuerzo excepcional y concertado por parte de los gobiernos y las empresas.

Como el esfuerzo público no puede sustituirse al de las empresas, la acción de los gobiernos sobre ese fenómeno es inevitablemente limitada. Sin embargo, pueden crearse ambientes más propicios para la innovación y, para ello, los gobiernos disponen de toda una panoplia de instrumentos. Pueden alentar la difusión de tecnologías genéricas y apoyar las tecnologías estratégicas. Pueden promover la interacción y la creación de redes entre empresas y laboratorios públicos. Pueden promover la investigación a largo plazo en las

grandes empresas, desarrollar sociedades de investigación bajo contrato y centros técnicos y favorecer el desarrollo industrial de los sectores de alta tecnología mediante la búsqueda de inversiones extranjeras y los acuerdos interfirmas de colaboración internacional.

Hoy por hoy se necesitan trabajos ulteriores precisos para evaluar cuidadosamente la eficacia relativa de esos diferentes programas en el actual contexto. Actualmente se verifica que los países que necesitan actualizarse (los países pequeños en todas las actividades, y los otros en sectores específicos) consideran esos programas como parte de su política económica.

La investigación de largo plazo

Para todos los países resulta esencial, desde el estricto punto de vista de la economía, apoyar la investigación a largo plazo y, especialmente, la investigación fundamental. El desarrollo continuo de la investigación fundamental es un fenómeno internacional por naturaleza. Los científicos constituyen uno de los primeros grupos que ha dado a sus funciones el carácter global hacia el que tiende actualmente la mayor parte de las actividades del sector económico. Las medidas políticas deberían conceder una fuerte prioridad a promover la cooperación de los laboratorios, la movilidad de los investigadores, la construcción y la explotación común de los equipos de la ciencia pesada y la coordinación internacional de programas globales que necesitan la climatología y la oceanografía.

El carácter de bien público que posee la ciencia exige que cada país tome parte en el esfuerzo común, consagrándole recursos proporcionados según su poder económico. Pero además de esta obligación moral de participar en un esfuerzo colectivo, todo país obtiene una ventaja concreta al mantener laboratorios de investigación fundamental en su territorio. La investigación fundamental es parte integrante del mecanismo de adopción y de difusión. El carácter interactivo de la innovación y los vínculos cada vez más importantes entre la ciencia y la tecnología benefician a las empresas que se encuentran en vecindad con universidades y laboratorios públicos calificados.

Estas consideraciones no son nuevas. Deben, sin embargo, reafirmarse con fuerza porque la suma de los recursos de la investigación fundamental ha tenido tendencia a bajar e, igualmente, se han deteriorado los medios de trabajo de los que dispone cada investigador. Los gobiernos deben darse cuenta de que en el marco de un presupuesto público de investigación que no crece, el número de competidores aumenta en razón de la multiplicación de las disciplinas y de la complejidad creciente de los proyectos.

El apoyo a la investigación fundamental no significa, por otra parte, que todas las disciplinas se desarrollen al mismo ritmo. Deberían desarrollarse y

coordinarse mejor los ejercicios de prospectivas científicas y técnicas llevados a cabo por cada país. Aunque difícil, debería intentarse un esfuerzo de evaluación del impacto de cada disciplina sobre las otras. Regularmente nacen nuevas disciplinas cuya eclosión es preciso promover; otras, al contrario, envejecen y tienden a un perfeccionismo científico poco productivo. Finalmente, debe efectuarse un examen periódico de la distribución de recursos entre las disciplinas. Es preciso sostener el desarrollo de las disciplinas que poseen una función natural de interfase, en la medida en que la innovación se nutre cada vez más de la fertilización recíproca de las ideas que emanan de diferentes disciplinas.

Instituciones, equilibrios, interacciones

La innovación posee un carácter interactivo. Funciona, pues, como un sistema, es decir, que su éxito depende no sólo de la calidad de sus diversos actores sino también de su sinergia. Para comprender el proceso de la innovación, al igual que las relaciones entre la tecnología y la acción pública, es necesario conocer las fuentes y los determinantes de base de los rendimientos y las orientaciones de la innovación, así como los medios por los cuales la política puede influir sobre ellos.

La inmensa complejidad de la situación explica en parte la dificultad con la que frecuentemente se enfrentan las políticas de la innovación, cuando los diversos actores (firmas, gobiernos o instituciones académicas) buscan objetivos parciales o no necesariamente convergentes. La organización institucional de la investigación podría ser eficaz, tal como las diferentes formas institucionales -universidades, consejos nacionales de investigación, institutos y centros- podrían favorecer o, inversamente, dificultar los intercambios e incluso las fusiones entre las disciplinas, el nacimiento de nuevas disciplinas o la reorientación de la investigación hacia nuevos caminos.

Es por lo tanto imperativo que se establezca una vigorosa coordinación institucional de la innovación, a escala regional, nacional o local. Las instituciones encargadas de las interacciones deben mejorarse y multiplicarse: es el caso de los "laboratorios redes", de los polos tecnológicos, de las asociaciones científicas, de las instancias de evaluación tecnológica, de los museos de ciencias y técnicas.

Se pueden identificar algunas áreas que demandan atención política particular. Son aquellas que se relacionan con disciplinas que desempeñan un rol natural de interfase, tales como las ciencias interdisciplinarias, las tecnologías genéricas difusoras, nacidas en el marco de ciertos sectores, que son útiles para la casi totalidad de las otras, cuya organización, méto-

dos y procedimientos modifican a menudo profundamente, y las ciencias de transferencia.

Las ciencias de transferencia (entre las cuales se cuentan las ciencias de la ingeniería) tienen un papel esencial en el establecimiento de relaciones fructíferas entre la ciencia y la industria. Por lo tanto, deberían constituir un objetivo particularmente importante para las políticas gubernamentales que deseen promover el desarrollo tecnológico. Esas ciencias evolucionan constantemente bajo la presión conjugada de las necesidades económicas y sociales, y los nuevos conocimientos producidos por las ciencias naturales y las matemáticas. Algunos acontecimientos de estas últimas décadas muestran que en caso de emergencia de una nueva área de transferencia, es importante crear programas para estimularlas y apoyarlas. En numerosos países de la OCDE los poderes públicos facilitaron y aceleraron las actividades de investigación vinculadas a la informática, los nuevos materiales, la biotecnología, etc. Existen áreas como el medio ambiente, donde la necesidad de nuevas disciplinas de transferencia parece ser de una claridad evidente, incluso si la "ingeniería ecológica" demora su aparición.

En esas tres áreas, los gobiernos y los organismos públicos deberán intervenir con firmeza. En efecto, las disciplinas de interfase se enfrentan con una dificultad intrínseca para encontrar apoyo. Las empresas se interesan ante todo por el corto plazo y por las tecnologías que les son específicas; las universidades tienen tendencia a privilegiar las áreas de investigación más "puras" y consideradas como las más "nobles"; y, finalmente, las comunidades científicas tienden a aislarse unas de otras.

Un desarrollo tecnológico no es rentable a largo plazo sino mediante esfuerzos equilibrados del sector público y del sector empresario. Si en un país la investigación pública y, muy en especial, la investigación universitaria, permanecen en un nivel mediocre, los proyectos a largo plazo corren el riesgo de quedar en el camino, el contexto empresario se deteriora, los inversores se desalientan y el tejido industrial comienza a debilitarse. Pero si las empresas no colaboran con el esfuerzo público, entonces los científicos formados por las universidades emigran y la investigación realizada por los laboratorios públicos se asfixia o sirve solamente a las firmas extranjeras.

Bibliografía

- Arthur, B. (1988), "Competing Technologies, Increasing Returns and 'Lock-in' by Small Historical Events", en *Economic Journal*, marzo.
- Bernal, J. D. (1971), *Science in History*, Cambridge, Mass., MIT Press, y Londres, Penguin Books.

- Bienaymé, A. (1988), "Technologie et nature de la firme", en *Revue d'économie politique*, noviembre/diciembre.
- Blume, S. (1990), "Transfer Sciences: Their Conceptualisation, Functions and Assessment", documento presentado en la Conferencia TEP sobre los indicadores, París, julio.
- Cantwell, J. (1989), *Technological Innovation and Multinational Corporations*, Oxford, Basil Blackwell.
- Cohén, W. M. y D. A. Levinthal (1989), "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D", en *Economic Journal*, septiembre.
- Dasgupta, P. y P. David (1988), "Priority, Secrecy, Patents and the Socio-Economics of Science and Technology", Universidad de Stanford, Center for Economic Policy, Research Paper No. 127, marzo.
- Dosi, G. (1984), Technological Paradigms and Technological Trajectories. The Determinants and Directions of Technological Change and the Transformation of the Economy", en Freeman, *Long Waves in the World Economy*, Londres, Pinter Publishers.
- Dosi, G. (1988), "Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation", en *Journal of Economic Literature*, vol. 26, septiembre.
- Ferguson, C. H. (1990), "Computers and the Coming of the US Keiretsu", *Harvard Business Review*, vol. 90, No. 4.
- Foray, D. (1989), "Les modeles de compétition technologique", en *Revue d'économie industrielle*, No. 28.
- Foray, D. (1990), "Exploitations des externalités de réseau vs. innovation de normalisation", en *Revue d'économie industrielle*, No. 51.
- Freeman, C. (1987), "Le défi des technologies nouvelles", *Interdépendance et coopération dans le monde de demain*, París, OCDE.
- Gaffard, J. L y E. Zuscovitch (1988), "Mutations technologiques et choix stratégiques des entreprises", en Arena, R., J. de Bandt y L. Benzoni (eds.), *Traite d'économie industrielle*, París, Económica.
- Gaffard, J. L. (1990), *Economie industrielle et de l'innovation*, París, Dalloz.
- Johnson, B., "Institutional Learning", en Lundvall, *National Systems of Innovation*, Londres, Pinter Publishers (en prensa).
- Kamien, M. y N. Schwartz (1982), *Market Structure and Innovation*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Kline, S. J. y N. Rosenberg (1986), "An Overview of Innovation", en National Academy of Engineering, *The positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, The National Academy Press, Washington D.C.
- Kuhn, T. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, Chicago University Press.
- Lundvall, B. A. (1988), "Innovation as an Interactive Process: From User-Producer Interaction to the National System of Innovation", en Dosi *et al.*
- Mordschelles-Regnier, G., G. Dahan y A. Reboul (1987), "Le rôle des sociétés de recherche sous contrat vis-à-vis des PME", en *Annales des Mines*, julio/agosto.
- Mowery, D. C. y Rosenberg, N. (1979), 'The Influence of Market Demand upon Innovation: A Critical Review of Some Recent Empirical Studies', *Research Policy*, vol. 8, No. 2.

- Mowery, D. C y Rosenberg N. (1989), *Technology and the Pursuit of Economic Growth*, Cambridge, Mass., Cambridge University Press.
- Narin, F. y E. Noma (1985), "Is Technology Becoming Science", *Scientometrics*, vol. 7, Nos. 3 y 6.
- Nelson, R. y S. Winter (1977), "In Search of a Useful Theory of Innovation", en *Research Policy*, vol. 6, No. 1.
- Nelson, R. (1981), "Competition, Innovation, Productivity Growth, and Public Policy", en H. Giersch (ed.), *Proceedings of the 1980 Kiel Symposium on Towards an Explanation of Economic Growth*, Tübingen, J.C.B. Mohr (Paul Siebeck).
- Nelson, R. (1986), "Institutions Generating and Diffusing New Technology", documento presentado en la Conferencia sobre Difusión de la innovación, Venecia.
- Nelson, R. (1988), "Institutions Supporting Technical Change in the United States", en Dosi *et al.*
- Nelson, R. y Rosenberg, N. (1990), "Technical Advance and National Systems of Innovation", documento de trabajo para 'The Columbia University International Project on National Systems of Innovation', enero.
- OCDE (1971), "Conditions du succès de l'innovation technologique", París.
- OCDE (1979), *Impact of Multinational Enterprises on National Scientific and Technical Capacities: The Food Industry*, París.
- OCDE (1988), "Nouvelles technologies: une stratégie socio-économique pour les années 90", París.
- OCDE (1989), *Indicateurs de la science et de la technologie de l'OCDE: R-D, production et diffusion de la technologie*, París.
- OCDE (1991), *Choisir les priorités scientifiques et technologiques*, París.
- Pavit, K. (1984), "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory", en *Research Policy*, vol. 13, No. 6.
- Picard, J. F. (1990), *La République des Savants*, París, Flammarion.
- Roos, D. (1991), 'The importance of Organisational Structure and Production System Design in the Development of New Technology', en OCDE, *Technology and Productivity: The Challenges for Economic Policy*, París (únicamente en inglés).
- Rosenberg, N. (1976), *Perspectives on Technology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Rosenberg, N. (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Rosenberg, N. (1991), "Critical Issues in Science Policy Research", Texto de apertura de la Conferencia del 25 aniversario del SPRU, en *Science and Public Policy*, vol. 18, No. 6.
- Sahal, D. (1981), *Patterns of Technological Innovation*, Nueva York, Addison-Wesley.
- Schmookler, J. (1966), *Invention and Economic Growth*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Scott, M. F. (1989), *A New View of Economic Growth*, Oxford, Clarendon Press.
- Silverberg, G. y Soete, L., *Technical Change and Economic Theory*, Londres, Pinter Publishers.
- Womack, J. R., D. T. Jones y D. Roos (1990), *The Machine that Changed the World*, Nueva York, Rawson Associates.



El conocimiento tecnológico

Héctor Ciapuscio*

Este artículo propone una lectura selectiva del diálogo desarrollado en los últimos 25 años en el ámbito de los historiadores de la tecnología para la clarificación, en el marco del debate *¿Tecnología = ciencia aplicada?*, de la especificidad del conocimiento que manejan corrientemente los ingenieros. Se privilegia, dada su relevancia y actualidad, la discusión que ha tenido lugar en la *Society for the History of Technology*.

"Conocimiento, la palabra más importante del lenguaje."
(A. Pfänder, "Lógica")

"Una vez estábamos discutiendo algo -debíamos ser once o doce en ese momento- y yo dije: 'Pero pensar no es otra cosa que hablarse uno mismo'. -'¿Ah, sí?, dijo Bennie. ¿Conoces la forma rara del cigüeñal de un auto?' -'Sí, ¿y qué hay con ella?'. 'Bueno, dime entonces: ¿cómo la describirías cuando estás hablando contigo mismo?'. Así yo aprendí de Bennie que los pensamientos pueden ser tanto visuales como verbales."

(R. Feynman, 1988)

Ocupándose en 1982 del "viejo debate" sobre las relaciones entre ciencia y tecnología "que está lejos de haber sido resuelto", Jorge Sábato¹ caracterizó su visión de la tecnología como "un paquete de conocimientos de distintas clases -científicos, técnicos, empíricos- [...]".²

Interesado él mismo en un propósito específico, su análisis de la tecnología desde la estructura productiva (sólo instrumental, sin embargo, para su objetivo básico, la política para el desarrollo tecnológi-

* Centro de Estudios Avanzados, UBA.

¹ Sábato y Mackenzie, *La Producción de Tecnología*, México, Ilet, 1982.

² "[...] provenientes de distintas fuentes (descubrimientos científicos, otras tecnologías, libros, manuales, patentes, etc.) a través de métodos diferentes (investigación, desarrollo, adaptación, copia, espionaje, expertos, etcétera)".

co), no avanzó en la clarificación epistemológica de los conocimientos que la componen; solamente señaló sus distintos tipos. El conocimiento científico es uno de los principales del *paquete*, pero no es el único, ya que la actividad tecnológica utiliza también otros saberes de tipo empírico, sin base teórica apreciable, como los que se advierten en ejemplos como el *piggy-back* del transporte ferroviario y el *contenedor* del marítimo (*basado en la teoría de la caja de zapatos*).

A más de diez años de distancia, podemos decir que la tarea de análisis, conceptualización y trasiego cultural que Sábato llevó a cabo respecto de la tecnología no tuvo continuidad entre nosotros. No ha habido mayor interés -a pesar de su importancia para fundamentar políticas- en proseguir la reflexión sobre temas como las características distintivas de la ciencia y la tecnología, las teorías que giran en torno a ellas, sus relaciones y evolución histórica, sus papeles en la innovación y el cambio técnico, la crítica a la linealidad ciencia básica-desarrollo-tecnología; en fin, el asunto que quedó apuntado en la caracterización del *paquete*: ¿cuáles son sus diferencias desde el punto de vista del conocimiento?; ¿qué son esos conocimientos técnicos y empíricos?

La última pregunta da ocasión para una referencia que permita apreciar la importancia de este tipo de inquisiciones teóricas. Se trata del problema de la importación o compra (*transferencia*) de tecnología, un recurso oneroso muchas veces frustrado por la creencia de que todo consiste simplemente en adquirir máquinas y manuales operativos, sin acompañamiento de portadores *bona fide* de los conocimientos involucrados; ello porque se ignora que el conocimiento tecnológico es en buena medida de carácter *tácito*.

Particularmente en los Estados Unidos hubo un debate interesante sobre la posición *tecnología = ciencia aplicada* a lo largo del último cuarto de siglo. Aunque finalmente pasó a ser un asunto académicamente aclarado, mantiene vigencia³ y reviste la utilidad de ser un buen marco para la reflexión actual sobre, justamente, los componentes no científicos del conocimiento tecnológico.

³ Rachel Laudan señala que aunque hace mucho tiempo que los historiadores de la tecnología han dejado de preocuparse del cargo de que ella no es más que ciencia aplicada, la batalla pública continúa. Refiere que Thomas Hughes, por su parte, ha advertido que el público general todavía percibe la relación de ese modo; y desde que la tesis de subsunción sirve a los científicos que buscan fondos o defienden la autonomía de la National Science Foundation, ellos continúan alentándola. "¿Natural Alliance or Forced Marriage?", *Technology and Culture*, 1995.

Este artículo intentará reflejar algunos rasgos salientes de la discusión que ha tenido lugar en el ámbito de los historiadores de la tecnología, particularmente los que se nuclean en la *Society for the History of Technology*. La reducción del marco permite una exposición relativamente clara de un problema complejo, de índole primariamente epistemológica. Por otra parte, lo ubica en un campo profesional concreto, con ventajas para su objetivación.

Hitos historiográficos

La primera gran historia de la tecnología que apareció después de la Segunda Guerra Mundial fue la inglesa de Charles Singer, E. Holmyard, A. H. Hall y T. Williams.⁴ En ella los editores identifican históricamente a la tecnología con la técnica (definiéndola como *las cosas se dan o son hechas*); sólo a partir del siglo xix se transformará en un *discurso sistemático sobre artes útiles* gracias a un contenido de conocimiento científico que la hizo prácticamente sinónimo de ciencia aplicada. Las primeras ciencias aplicadas habrían sido las químicas y eléctricas del siglo xix, que condujeron a las industrias de anilinas, farmacéuticas y eléctricas. Así, la noción de *conocimiento* es atribuida a la ciencia y, consiguientemente, la técnica aparece como carente de potencialidad cognitiva. Esto es consecuencia de la adopción de una teoría sobre la relación entre ciencia y tecnología que asume que los científicos son los que generan el conocimiento nuevo y los tecnólogos lo aplican; la tecnología se subordina a la ciencia.

La contraparte francesa de este esfuerzo historiográfico fue la *Histoire General des Techniques* editada por Maurice Daumas.⁵ En esta obra la tecnología aparece también como subordinada, pero no ya a la ciencia sino al movimiento económico de la sociedad. Igualmente, aquí la historia de la tecnología es reducida a historia de las técnicas y las cosas producidas por las técnicas.

Ambas colecciones se identifican en particular en un punto: ignoran un componente significativo de pensamiento propio, específico, en la tecnología.

⁴ Londres, Oxford, 1954-1958, 5 volúmenes.

⁵ M. Daumas era/., París, 1962-1968, 3 volúmenes.

En Francia, algunos años después de la colección de Daumas, se produjo un verdadero acontecimiento historiográfico con la aparición de la *Histoire des Techniques* de Bertrand Gille.⁶ La segunda parte de esta obra admirable de casi 1.500 páginas (*Technique et Sciences*) consta de una serie de monografías del autor y colaboradores. Gille desarrolló personalmente el tema del conocimiento técnico o tecnológico.⁷ Se titula *Ensayo sobre el conocimiento técnico*.

Su comentario general es que se trata de un asunto poco analizado, donde reinan ideas recibidas sin mayor examen que responden básicamente a una creencia en que la técnica utiliza un conocimiento de rango inferior al científico, o que no es científica, o que en el mejor de los casos es ciencia aplicada. Aprecia que hasta el siglo XVIII se ha creído que la técnica se basa en *conocimiento aproximado* (como dice Bachelard caracterizando al *empirismo*), sin teoría, fundado en cierta cantidad de observaciones acumuladas y concordantes que, como en su tiempo dijo Aristóteles sobre *tékne*, permite alcanzar una cierta forma de verdad.

Un análisis más cuidadoso muestra, al contrario, que de ningún modo se puede imputar falta de lógica y, por ende, de conocimiento, a las técnicas tradicionales, desde las que se comunican por *el gesto y la palabra* hasta las actuales tecnologías, pasando por la receta, la descripción y el dibujo, el modelo reducido, etc., manifestaciones todas de modalidades diferentes y evolutivas de conocimiento y sus modos de transmisión o difusión.

El último paso es la aparición de una técnica fundamentada en el conocimiento científico. Hay técnicas contemporáneas que no podrían haber surgido sin un sistema científico establecido: las industrias química y nuclear son ejemplos en los que ya estamos más allá de ambigüedades históricas sobre la utilización de ciencia por los técnicos. Podemos verlas como técnicas científicas. Aquí es difícil discernir, separar, conocimiento técnico de conocimiento científico; las fronteras se traslapan.

Muchas veces la teoría aporta precisión a una técnica, reduce los márgenes de *conocimiento aproximado*. Pero la teoría, como proyección científica de un fenómeno técnico, no será nunca más que una

⁶ *Enciclopedia de la Pléiade*, París, Seuil, 1978.

⁷ En francés y en alemán se escriben *la technique* y *die Technik*. El inglés usa *technology* para cubrir (insuficientemente) ambos significados.

proyección parcial, porque siempre existirá una parte de la realidad concreta que se le escapa. Faltará una correlación perfecta; es, precisamente, en esa falta donde residen las dificultades de comprensión.

Gille concluye que en la situación actual es muy difícil precisar distinguos entre ambas clases de conocimientos. Advierte que siguen existiendo técnicas que requieren conocimientos elementales transmisibles esencialmente por *el gesto y la palabra*. En el otro extremo de la parábola se concluye que no podrá en adelante haber técnica sin ciencia. Pero, a pesar de las relaciones intrincadas, el esquema científico permanece diferente del esquema técnico. Y siendo que, a la inversa de la fórmula científica, la fórmula técnica puede ser objeto de una patente (que es descripción y si es necesario dibujo, que es la base del conocimiento técnico y la que transmite la innovación), es allí donde convendría investigar la frontera entre ambos tipos de conocimiento.

No hay conocimiento científico aislado, ya que hay sistema científico. Es lo mismo para la técnica; existen sistemas técnicos, donde todo está relacionado, y el conocimiento técnico es necesariamente compuesto. (Recordemos, de paso, que, justamente, Gille es quien entre los historiadores ha sido el primero en concebir, y elaborar, una historia de la tecnología occidental entendida como una sucesión de sistemas técnicos generales.) Pero hay una diferencia esencial entre ambos tipos de conocimiento: el científico es formal, el técnico es a menudo aleatorio. La primera dificultad reside en la etapa que antes se llamaba la puesta a punto (*la mise au point*) y que se llama hoy el desarrollo.⁸ Para llegar a madurez, el conocimiento técnico debe

⁸ La fase *desarrollo* del cambio tecnológico -esto es, la etapa comprendida entre la invención y la innovación- es crucial en cuanto epifanía del conocimiento tecnológico y de la actividad específica del ingeniero. Uno de los primeros en destacarla fue Abbot Payson Usher (*History of Mechanical Inventions*, Harvard, McGraw Hill, 1929) en su teoría de la *síntesis acumulativa*; la llama fase de *revisión crítica*. Entre los historiadores se han publicado monografías notables que analizan ese proceso. Una de las favoritas es la de F. M. Scherer ("Invención e innovación en la aventura de la máquina de vapor Watt-Boulton", *Technology and Culture*, vol. 6, 2, 1965) donde se propone a la función *desarrollo* como complemento necesario de la invención y la innovación en el proceso del cambio tecnológico. La misma revista publicó un número especialmente dedicado a *The Development Phase of Technological Change* en julio de 1976. La introducción fue escrita por Thomas Hughes, quien comenta allí que, a pesar de su poderoso interés, no ha sido atendida hasta ahora como las otras etapas -la invención, más excitante de la imaginación; la innovación, relevante para los historiadores económicos por su significación específica-. Pero para los historiadores de la tecnología el desarrollo es un concepto central, "una llave para entender el cambio tecnológico en esta área relativamente inexplorada".

acompañarse, en la totalidad de su ambiente, de golpes de mano, de astucias, de rectificaciones. Es lo que ejemplifica la laboriosa tarea de Bessemer, quien desde la idea inicial pasó años experimentando con retortas y sopladors, analizando informaciones contenidas en patentes suecas y francesas, etc., hasta lograr la calidad de acero requerida.

Para concluir con el análisis de Gille:

La complejidad creciente de las técnicas modernas ha conducido a nociones nuevas que oscurecen todavía más el concepto de conocimiento técnico. En el caso de la propiedad industrial, por ejemplo, se ve cómo el *know-how* se compone de conocimientos aplicados -métodos y datos- que son necesarios para la utilización efectiva y puesta en práctica de las técnicas industriales. Allí el conocimiento técnico no es suficiente; hay que acompañarlo por servicios personales -*show-how* siguiendo al *know-how*- para una transferencia adecuada.

¿Dónde se puede ubicar, en fin, con precisión el conocimiento técnico?, se pregunta Gille. Parece estar diluido en un conjunto que comprende un poco de todo. Esta apreciación de apariencia elusiva es coincidente con la que formulará Layton de que la tecnología puede ser vista como un espectro continuo con ideas en un extremo y artefactos en el otro.

En los Estados Unidos, a partir de la fundación en 1959 de la *Society for the History of Technology* (SHOT), se desarrolló un intenso debate acerca de las ideas vigentes sobre ciencia y tecnología, comenzando por distinguir una de otra y buscar argumentos para rectificar la noción pervasiva de que la tecnología es ciencia aplicada. Una de las ideas fundacionales de la Sociedad, en efecto, había sido contribuir a la valorización del tecnólogo y el ingeniero en la fábrica social.⁹

La controversia sobre el papel de la investigación básica en los desarrollos tecnológicos se hizo notoria en la década del sesenta como consecuencia del Proyecto *Hindsight* del Departamento de Defensa, un estudio de ocho años para evaluar su importancia en veinte sistemas importantes de armas. Concluyó que sólo una fracción de 0,3% de las 700 contribuciones clave relacionadas con el desarrollo de estos sistemas podía ser apreciada como ciencia *pura*; 91% eran eventos tecnológicos y 8,7% ciencia *aplicada*. Las críticas a estos resultados desde el sector científico determinaron un nuevo estudio en-

⁹ M. Kransberg, *Presidential Address*, 1967.

cargado por la *National Science Foundation* (Proyecto TRACES), que demostró la influencia de investigación científica previa en cinco innovaciones recientes.

En el interior de este debate estaba la cuestión *tecnología = ciencia aplicada*. Esta posición fue mantenida por una pequeña minoría de intervinientes en la discusión, notablemente, para nosotros, Mario Bunge.¹⁰ Analizándola según los numerosos trabajos que se fueron produciendo con los años, un estudioso¹¹ concluye que "los historiadores de la tecnología han rechazado casi unánimemente la hipótesis de que la tecnología es ciencia aplicada". Asimismo, rechazaron la postura de que el conocimiento tecnológico sea nada más que teoría ingenieril aplicada. La inadecuación de ambas fórmulas deriva, en su opinión, de la misma falta. La tensión o relación dialéctica entre conocimiento abstracto y conocimiento concreto, entre diseño y ambiente, es la base fundamental para la interpretación de la historia de la tecnología tal como evolucionó en el universo discursivo de *Tehnology and Culture*. Cuando se ve esta tensión como la característica definitoria de la tecnología se hace claro que la disyunción entre saber y hacer, sobre la que descansan los modelos *ciencia aplicada* e *ingeniería aplicada*, no puede servir para una explicación correcta de la cognición tecnológica. Así, es obvio que un número sustancial de historiadores de la sociedad interpretan la praxis tecnológica como una *forma* de conocimiento antes que como una *aplicación* de conocimiento.

Autores en el debate

Entre los autores que participaron más activamente en el análisis de los rasgos distintivos del conocimiento tecnológico, uno de los más incisivos es Edwin Layton, de Minnesota, quien más tarde recibió el Dexter Price por su libro *The Revolt of Engineers*.

En 1971 publicó "Mirror-Image Twins: The communities of Science and Technology in 19th Century America",¹² en el que propone un modelo separado-pero-igual de mellizos en imagen especular; la tecnología no es meramente ciencia aplicada sino su imagen especular,

¹⁰ "Toward a Philoshopy of Technology", *Technology and Culture*, 7, 1966.

¹¹ J. Staudenmaier, *Technology Storytellers*, MIT Press, 1985.

¹² *Technology and Culture*, 12, 4, octubre de 1971.

separada pero igual; tiene, como la ciencia, sus propias instituciones, valores y métodos, y su propio tipo de conocimiento.¹³

Hay otros dos estudios importantes de Layton de los años 1974 y 1976 a considerar.

El primer artículo sostiene que la popularidad de la noción de que la tecnología es igual a ciencia aplicada radicó en las ideas expuestas por Vannevar Bush en su informe de 1945 al presidente (*Science, the Endless Frontier*) -que se amplió al año siguiente en su libro *Endless Horizons*¹⁴ y resultó tan influyente como para conformar la política científica de ese país durante varias décadas. Es en ese trabajo donde, como consecuencia indirecta, se fragua con fuerza renovada la asunción de que la tecnología no incluye conocimiento propio.

Bush sostenía que:

La investigación básica conduce a nuevo conocimiento. Provee capital científico. Crea el fondo del cual deben ser extraídas las aplicaciones prácticas [...] Hoy es más cierto que nunca que la investigación básica es el marcapasos del progreso tecnológico [...] Una nación que depende de otros para sus nuevos conocimientos científicos básicos será lenta en su progreso industrial y débil en su posición competitiva en el comercio mundial, independientemente de sus habilidades mecánicas.¹⁵

Layton señala que en Inglaterra se mantenía una línea similar de pensamiento. Una publicación gubernamental reciente expresaba: "La justificación de la investigación básica está en que constituye la fuente de todo nuevo conocimiento, sin el cual las oportunidades de un

¹³ Dice Rachel Laudan (*op. cit.*, 1995) que esta postura es hoy todavía compartida en grado significativo por los historiadores de la tecnología en general. Esta historiadora de la ciencia señala que el artículo de Layton fue un paso importante hacia un tratamiento más equitativo de las dos empresas; alivió, de algún modo, la sensación intuitiva de los historiadores de la tecnología de que había algo engañoso en la definición de la tecnología como ciencia aplicada, mientras ellos mismos se hallaban en situación embarazosa por la inexistencia dentro de la reinante filosofía analítica de un tratamiento alternativo de la tecnología al cual pudieran volverse.

¹⁴ Washington DC, 1946.

¹⁵ Mucho después, en su autobiografía, Vannevar Bush, "el semivillano, por este aliento a una visión errónea de la relación ciencia-tecnología" (N. Reingold), rectificará esos asertos. Dice que el asunto de elevar al científico a un pedestal había, ciertamente, "persistido y desviado a la juventud. Aún recientemente, cuando enviamos los primeros astronautas a la luna, la prensa lo saludó como un gran logro científico. Por supuesto, no fue nada de esa clase; fue un trabajo ingenieril maravillosamente competente" (*Pieces of the Action*, Nueva York, 1970).

mayor progreso tecnológico se agotan". Si la ciencia básica es la fuente de todo nuevo conocimiento técnico, la tecnología en sí misma no produce nuevo conocimiento y el tecnólogo es un mero aplicador de lo que logra la ciencia. El autor cree reconocer en esta línea de pensamiento la influencia, justamente, de la teoría que informaba a la monumental obra historiográfica de Singer *et al.* Pero no deja de advertir también algo bastante obvio: quizá este acento cientificista era en parte fruto de la reacción contra el intento de reducir la ciencia al nivel de superestructura de las fuerzas materiales. Rupert Hall, en particular, el tercero en la nómina de editores de *A History...*, había estado empeñado en la polémica "scholar and craftman" contra Edgar Zilzel, quien sostenía en ella la posición marxista consistente en ver a los métodos experimentales de la ciencia como (históricamente) derivables de una imitación del progreso de las artesanías.¹⁶

Hall, además, propuso su propio modelo de la relación ciencia-tecnología, que en líneas generales es el modelo estándar conocido: la tecnología influyó en la ciencia a través de la instrumentación y la presentación de problemas; la ciencia influyó en la tecnología a través de sus teorías. Pero esto último ocurre recién a partir de la mitad del siglo xix, como lo ilustra el caso de la química, permitiendo a la ingeniería superar a partir de entonces las limitaciones impuestas por los materiales existentes. Layton hace intervenir en este punto de su discurso las ideas de Alexandre Koyré, que reconoce profundas y sutiles.

Este pensador tenía su propia visión de las relaciones ciencia-tecnología y sobre el conocimiento tecnológico. En primer lugar, no reduce tecnología a técnicas; por el contrario, insiste en que la tecnología es un sistema de pensamiento y, además, un sistema independiente y diferente de la ciencia. Es un sistema, basado en el *sentido común*, sobre el que la ciencia puede ejercer una influencia sólo indirecta, no necesariamente a través de leyes y descubrimientos, sino de modos más indirectos. Por ejemplo, en los siglos XVI y XVII, la idea de un universo gobernado por precisas leyes matemáticas que se transmitió a la tecnología a través de la conversión por obra de Galileo y Huygens del reloj mecánico en un instrumento de precisión.

¹⁶ Este filósofo sostuvo una provocativa tesis histórica según la cual fueron los cambios sociales operados hacia 1550 los que rompieron barreras entre los artesanos y las clases intelectuales altas, dando origen a la ciencia moderna. Enfatiza el rol de los fabricantes de instrumentos -relojes y lentes, en particular- para hacer posibles a los Galileo y los Newton.

Layton está de acuerdo con Koyré en que la ciencia y la tecnología son cuerpos separados de conocimiento y apunta que su caracterización del pensamiento tecnológico como *sentido común* les resulta simpática a los tecnólogos. Pero se pregunta si aquél todavía no se quedó corto con su diferenciación. El caso de los artistas sirve para ilustrar la existencia de un modo de pensamiento completamente diferente. Y, por su parte, los tecnólogos despliegan en casos específicos un modo de pensamiento plástico, geométrico y hasta cierto punto no-verbal que tiene gran semejanza con el de los artistas.

El pensamiento tecnológico tiene características que lo diferencian del científico. Los ingenieros en general identifican el *diseño* como algo propio de la profesión y a la *habilidad para diseñar* como el test crucial para el mérito en la profesión. ¿En qué consiste el diseño? Esencialmente es una adaptación de medios a un fin preconcebido. Hay primero una concepción en la mente del ingeniero¹⁷ que luego, por grados, se traslada a un plan o configuración detallada. Pero es solamente en las últimas etapas, en la concepción de los planos, que el diseño se transforma en técnica. Y todavía más tarde se manifiesta en herramientas o artefactos. El diseño involucra una estructura o modelo, una combinación particular de detalles o partes, y es precisamente la *gestalto* modelo lo que resulta esencial para el diseñador.

Podemos ver así a la tecnología como un espectro, con ideas en un extremo y técnicas o cosas en el otro, con el diseño a medio camino. Las ideas tecnológicas pueden ser trasladadas al diseño. Este a su vez puede ser implementado por técnicas o herramientas para producir artefactos o sistemas. El modelo corriente de relaciones ciencia-tecnología mira sólo al extremo del espectro. Sería una distorsión igual ver a la tecnología sólo como pensamiento; ambos aspectos son necesarios para una visión equilibrada.

Pero los propios ingenieros no definen la tecnología solamente en términos de diseño. En particular desde fines del siglo pasado se conciben ellos mismos como una clase de científicos prácticos capaces de diseñar. Los elementos racionales se han venido transformando en cuerpos sistemáticos de pensamiento, esto es, se han convertido en algún sentido en científicos. Y son estas partes teóricas de la tecnología, subraya Layton, las que presentan los mayores problemas para modelos de interacción entre ciencia y tecnología.

¹⁷ Véase más adelante una confirmación de esta idea en Fergusson y su análisis del *ojo de la mente*.

Layton observa que las leyes de la ciencia se refieren a la naturaleza y las reglas de la tecnología al artificio humano. La función de las reglas tecnológicas es proveer una base racional para el diseño, no habilitar al hombre para entender el universo. Y la diferencia no es sólo de ideas sino también de valores: *knowingly doing* reflejan los objetivos fundamentalmente diferentes de las comunidades profesionales de la ciencia y la tecnología. El pensamiento que encarna los valores de la tecnología se relacionará con una adaptación activa de medios y de propósitos para algún fin humano, esto es, se relacionará con el diseño ingenieril.

En un artículo de 1976,¹⁸ finalmente, Layton completó su análisis clasificando las ideologías subyacentes en las diversas posiciones. Ciencia y tecnología, señaló, habitan el mismo mundo integrado por materia y energía, pero lo perciben de diferentes modos y lo utilizan de maneras distintas. Distingue tres ideologías según el rasgo o carácter que privilegian.

Primero, la ideología *ciencia básica* (que se refleja en el comentado documento de Vannevar Bush), que interpreta la relación ciencia/tecnología -que es, en realidad, simbiótica- como un caso de parasitismo intelectual.

Segundo, la ideología *ciencia ingenieril*, una ciencia distintiva y propia de la actividad de los ingenieros, que difiere de la básica, concierne a artefactos hechos por el hombre antes que directamente a la naturaleza; tiene que ver a menudo con idealizaciones de máquinas, vigas, motores térmicos y artefactos similares.

Tercero, la ideología *diseño*, de hecho una segunda ideología ingenieril. Desde el punto de vista de la ciencia moderna, dice, diseño es nada; pero desde el punto de vista de la ingeniería, diseño es todo. Representa la adaptación intencionada de medios para alcanzar un fin predeterminado, que es la verdadera esencia de la ingeniería. El diseño, pariente del arte, exhibe muchas de las características de la ciencia.

Layton propone una reinstalación de los asuntos involucrados en la teoría sobre las relaciones de la ciencia y la tecnología. Hay que considerar, sostiene, que diseño, ciencia ingenieril y ciencia básica representan una jerarquía de abstracción progresiva; constituyen un espectro que conecta el mundo de los artefactos ingenieriles al mundo ideal de la física teórica.

"American Ideologies of Science and Engineering", *Technology and Culture*, 7,4, noviembre de 1976.

El pensamiento no verbal en tecnología

El profesor Robert McGinn, de Stanford, resumiendo, *modo docendi*, lo relacionado con el conocimiento tecnológico¹⁹ e incorporando una dimensión hasta ahora no suficientemente explicitada -la del pensamiento no verbal- distingue cuatro fuentes o bases.

Primero, la observación directa y experiencia de primera mano trabajando con los modos según los cuales se comportan materiales y fuentes de energía bajo circunstancias variadas. Por ejemplo, el conocimiento normal que posee un maquinista o un trabajador de metales moderno.

Segundo, actividades sistemáticas -por ejemplo, experiencias cuidadosamente diseñadas (aunque no científicas)- y el uso riguroso de métodos experimentales específicos.

Tercero, la comprensión científica *bona fide*.

Cuarto, un tipo de conocimiento tecnológico que tiene una fuente más elusiva: la inspiración intuitiva y la imaginación del ingeniero respecto a cuál podría ser una manera de procedimiento viable o apropiada para una tarea tecnológica dada, tal como el diseño o la producción.

Esta última categoría nos introduce directamente en el tema final de este artículo, la exposición de ideas de Eugene Ferguson sobre el pensamiento no verbal en tecnología. Precisamente a este autor se refiere McGinn, al redondear su comentario sobre esta fuente típica de conocimiento.

Muchos artefactos, desde relojes mecánicos y catedrales hasta rockets y snowmobiles, deben sus principios básicos, operativos, principios, mecanismos o formas a lo que Eugene Ferguson denomina "pensamiento no verbal" (*id est*, pensando en términos de imágenes visuales).

McGinn muestra que la importancia de la intuición y la imaginación en la actividad tecnológica es apta para ser pasada por alto o infravaluada. Aunque tal intuición depende de la experiencia y de observaciones pasadas del tecnólogo, no es reducible a esas características. Es implícita, no codificable, ni científica ni derivable de la comprensión científica, aunque es profunda. "Su indispensabilidad en gran parte de la actividad tecnológica es otro decisivo mentís a la noción simplista de que la tecnología es meramente ciencia aplicada."

¹⁹ *Science, Technology and Society*, N. Jersey, Prentice Hall, 1991.

El ojo de la mente

Eugene Ferguson, profesor emérito de Historia en *Delaware*, es uno de los miembros conspicuos del grupo SHOT desde sus comienzos; como tal, ha participado activamente en el debate sobre la especificidad del conocimiento tecnológico.

En 1971, en un trabajo titulado "The American-ness of American Technology",²⁰ realizó un esfuerzo para compensar la influencia pervasiva de historiadores económicos como Nathan Rosenberg con su énfasis en consideraciones de mercado en las decisiones ingenieriles. Rosenberg piensa que el cálculo económico forma la base de los juicios tecnológicos en el marco de la sociedad americana. Ferguson -sin pretender justificar lo que Samuel Florman ha llamado, en otros contextos, "los placeres existenciales de la ingeniería"- insiste sobre los orígenes irracionales y el contexto humano de una gran parte del cambio tecnológico.

En 1977 publicó un trabajo pionero sobre un aspecto particular, el pensamiento no verbal, que antes algunos (como Polanyi) llamaron *pensamiento tácito*, y lo que él identifica como "el ojo de la mente", una facultad humana crucial en tecnología: "The Mind's Eye: Non Verbal Thought in Technology".²¹

En 1992 editó un libro que profundiza aquel análisis y lo completa: *Engineering and the Mind's Eye*.²²

La definición de *Ingeniería* que adopta es la clásica inglesa: "[...] el arte de dirigir las grandes fuentes de poder que existen en la naturaleza para el uso y provecho del hombre".²³

²⁰ *Technology and Culture*, 20, 1.

²¹ *Science*, 197, agosto de 1977. Podemos asociar este título sugestivo con lo que escribió J. Bronowski (*The Origins of Knowledge and Imagination*, Yale University Press, 1979). Este matemático, filósofo y poeta evoca allí al poeta romántico William Wordsworth, quien habló en su tiempo de la "mirada interior" (*inward eye*). Con esa cita aclara Bronowski su idea de *imaginación*. Dice:

Piensen Uds. en las siguientes palabras: visual, visión, visionario; e imagen, imagería, imaginación. Hay algo sorprendente en este último término. Casi todas las palabras que empleamos en las experiencias relacionadas con la visión o la imagen tienen que ver o se conectan con el ojo o el sentido de la vista. *Imaginación* es una palabra que deriva de la producción de imágenes en la mente.

²² Cambridge, Mass., The MIT Press, 3a. ed., 1993.

²³ Constitución de la (British) Institution of Civil Engineers, 1828.

El libro analiza la naturaleza y la historia del diseño ingenieril. En cuanto a la primera, muestra que se enraiza principalmente en formas cognitivas no verbales y basadas en la experiencia del tecnólogo. Nuestros sentidos -ojos, oídos, nariz, dedos, músculos- perciben modelos y los almacenan en formato no verbal en lo que llama *el ojo de la mente*. El ingeniero extrae de su experiencia sensorial almacenada los juicios innovativos y los criterios sólidos necesarios para el proceso de diseño. Otra nota típica de la naturaleza del diseño es que es *abierto* en el sentido de que no hay, en general, una única solución "correcta" para un problema de diseño. Por eso, la ingeniería no puede pensarse como una ciencia exacta; tiene mayores lazos con el arte que con la ciencia.

En el prólogo, Ferguson comenta críticamente que "esta era científica" asume demasiado fácilmente que cualquier conocimiento que se incorpora a los artefactos de la tecnología se deriva de la ciencia. Esta asunción es parte del folklore moderno, que ignora las numerosas decisiones no-científicas, grandes y pequeñas, que hacen los tecnólogos cuando diseñan el mundo que habitamos. Muchos objetos de uso diario han sido claramente influidos por la ciencia, pero sus formas, dimensiones y aspecto fueron determinados por tecnólogos -artesanos, ingenieros e inventores- usando modos de pensamiento no científicos. Trinchantes, puentes, relojes y aviones son como son porque con los años sus diseñadores han establecido sus formas, estilos y texturas.²⁴

Muchas características y cualidades de los objetos que piensa un tecnólogo no pueden ser reducidos a descripciones verbales carentes de ambigüedad; esto es así porque tienen relación en la mente con un proceso visual, no verbal. El ojo de la mente es un órgano bien desarrollado que no sólo revisa los contenidos de una memoria visual sino que también forma las nuevas o modificadas imágenes que requieren los pensamientos. El diseñador ingenieril, que reúne elementos en combinaciones nuevas, es capaz de integrar y manipular en su mente dispositivos y aparatos que todavía no existen.

²⁴ "En América y Europa Occidental los ingenieros constituyen menos del 1% de la población, pero a causa de que son quienes diseñan los puentes, autopistas, automóviles, aeroplanos, sistemas telefónicos, hidráulicos, de calefacción y aire acondicionado, computadoras y redes de televisión -cosas que influyen fuertemente y directamente el modo como vivimos cada día- son, por lejos, mucho más influyentes que lo que sugeriría su número" (p. 1).

La conversión de una idea en un artefacto, que compromete tanto al diseñador como al fabricante, es un proceso sutil que estará siempre mucho más próximo al arte que a la ciencia. El filósofo Cari Mitcham otorga al diseño y a la invención sus lugares adecuados en el esquema de las cosas observando que

[...] la invención hace que las cosas lleguen a existencia desde ideas, hace que el mundo se conforme al pensamiento; mientras que la ciencia, derivando ideas de la observación, hace que el pensamiento se conforme a la existencia.

Si queremos entender la naturaleza de la ingeniería debemos apreciar este importante aunque poco notado modo de pensar. Ha sido el pensamiento no-verbal, de un modo general, el que ha fijado los contornos y completado los detalles del mundo material que nos rodea. En sus innumerables elecciones y decisiones los tecnólogos han determinado, en un sentido físico, el tipo de mundo en que vivimos. Pirámides, catedrales y rockets existen no a causa de la geometría, la teoría de las estructuras o la termodinámica, sino porque fueron primero representaciones en la mente de aquellos que los concibieron. *Antes de que una cosa sea hecha, existe como idea.*

Ferguson intenta clarificar la naturaleza y significación del pensamiento no-verbal en la ingeniería. Argumenta que la ingeniería moderna -esto es, la de los últimos quinientos años- ha dependido fuerte y continuamente del aprendizaje no-verbal y de la comprensión no-verbal. Hasta la segunda mitad del siglo xx, las escuelas profesionales enseñaron a comprender los dibujos ingenieriles enseñando cómo hacer tales dibujos; construyeron una apreciación de la naturaleza de los materiales y de las máquinas a través de experiencias reales. Entendieron que la mayor parte del conocimiento profundo del ingeniero es de naturaleza no-verbal, la clase de conocimiento intuitivo que acumulan los expertos.

Un segundo foco general del libro de Ferguson es un cuestionamiento específicamente centrado en su preocupación acerca del desvío de la enseñanza de la ingeniería en los Estados Unidos, una cierta posición de renuncia a reconocer a la ingeniería como basada en la experiencia y predispuesta en favor de la ideología científicista. Para alcanzar un estatus social más alto, la profesión se habría vendido a la ideología de la ciencia.

Ferguson analiza la existencia histórica de algunos *mitos* que surgieron como consecuencia de cierta *capitis diminutio* subjetiva de

artesanos e ingenieros y su necesidad de apoyo por parte de *mece-nas* o gobiernos. En el Renacimiento, por ejemplo, cuando se redescubrió la cultura griega y las matemáticas fueron colocadas en un altar, hombres como Ramelli -un intuitivo nato y fecundo creador- justificaban sus invenciones tratando de mostrar a sus lectores que ellas incluían, como todo buen arte mecánico, una base de aquella *ciencia suprema*. Sin embargo, sus dibujos y textos no exhibían ninguna evidencia de utilización de geometría o aritmética; su creatividad y recursos técnicos eran ajenos a esas ciencias. El historiador Lynn White observó igual fenómeno en los tratados de fortificaciones del siglo XVI: "[...] a pesar de todo el discurso sobre teoría, sus métodos eran esencialmente empíricos". Había que convencer a los patrones ricos y a los humanistas que fijaban el tono intelectual de la época.²⁵ Entonces, como ahora, escribe Ferguson, los que "venden" nuevas ideas técnicas deben utilizar un mito familiar y aceptado; entonces eran las matemáticas, ahora es la ciencia. Y a esto último se refiere a continuación.

La tecnología americana se desarrolló en el siglo pasado siguiendo más bien pautas del arte. En el primer cuarto de este siglo surgió una creciente fe en la ciencia. Los años de la Gran Depresión, por su parte, incorporaron una crítica a los ingenieros como responsables de un maquinismo que habría agudizado la desocupación. Pero, durante la Segunda Guerra Mundial, Vannevar Bush, no obstante su origen como ingeniero del MIT, puso el tono a un nuevo discurso ignorando a los ingenieros y acentuando la importancia de la investigación básica que realizan los científicos. El fue el arquitecto de la *National Science Foundation* para "[...] apoyar la investigación básica en organizaciones sin fines de lucro, desarrollar el talento científico en la juventud americana y sostener la investigación de amplio alcance en materias militares".

Al concluir la guerra muchos líderes de opinión estaban convencidos de que la superioridad nacional americana dependía de su superioridad científica. Durante veinte años después de la guerra, las agencias militares apoyaron y, sin críticas serias, orientaron la dirección de gran parte de la investigación llevada a cabo en *colleges* y universi-

²⁵ En *Los filósofos y las máquinas. 1400-1700*, Barcelona, Labor, 1970, Paolo Rossi se ocupa de estas circunstancias. Refiere el esfuerzo de Vives, Rabelais y Gilbert por revalorizar la técnica contra los *pedantes*.

dades. El impacto de esta política en las ciencias físicas fue decisivo: sólo se valorizaba la investigación que contribuyera a la preparación bélica. La gravitación de este patronazgo fue aún mayor sobre las escuelas de ingeniería: cambió radicalmente la naturaleza del curriculum y el enfoque de la enseñanza y preparación de estudiantes.

Las consecuencias en la formación de ingenieros -pero ostensiblemente en la práctica ingenieril- han sido, según Ferguson, desastrosas. En la enseñanza, el diseño cedió amplio campo a las *ciencias ingenieriles* (mecánica, termodinámica, mecánica de fluidos, transferencia calórica, etc.) con el resultado de alejar a los estudiantes del mundo real de su profesión. Las consecuencias en la práctica de la ingeniería, que ocupan el último capítulo del libro, fueron muchas veces catastróficas. Relata los grandes fracasos tecnológicos atribuibles a fallas de diseño -ejemplos como el del *Challenger*, el telescopio espacial Hubble, *Three Mile Island*, el sistema Aegis de defensa aérea de la Marina que ocasionó el abatimiento por el *Vincennes* de un avión civil con 300 pasajeros-. Advierte, por último, sobre el error de confiar demasiado en la computadora: los ingenieros deben ser continuamente alertados de que casi todas las fallas tecnológicas resultan más de *juicios* erróneos que de *cálculos* erróneos.

El ojo de la mente es esencial para los tecnólogos. Pero no funciona, claro está, sólo en ellos. Es un don de todos los seres humanos que funciona casi inconscientemente, pero es relevante en actividades de creación e intuición. Ferguson cita varios ejemplos de grandes hombres de ciencia que reconocieron en sí mismos el predominio del pensamiento no verbal. Fue una realidad en grandes físicos del siglo pasado -particularmente Faraday, Lord Kelvin y J. Clerk Maxwell-. (El historiador de la ciencia Pierre Duhem percibió en esto una neta diferencia de estilo entre los físicos ingleses y sus colegas franceses, inclinados al razonamiento mediante conceptos abstractos.) En relación con personalidades de este siglo, los historiadores han documentado la utilización persistente de imágenes visuales en físicos como L. Boltzman, A. Einstein, Niels Bohr y W. Heisenberg. Albert Einstein dijo que él raramente pensaba con palabras; tenía que transmitir laboriosamente sus imágenes visuales y *musculares* a términos convencionales, verbales y matemáticos. Todavía Richard Feynman, el físico teórico, arriesgó opinar que Einstein, en sus años postreros, fracasó en desarrollar su teoría unificada debido a que "[...] paró de pensar en imágenes físicas concretas y se convirtió en un manipulador de ecuaciones".

Para cerrar

El tema del conocimiento tecnológico admite (y requiere) varios flancos de ataque. El que se ha adoptado en este artículo -que corresponde a los historiadores de la tecnología- tiene la ventaja de ser acotado y de estar en plena actividad en un foro competente. La colección de la revista *Technology and Culture* ofrece materiales propicios como para atraer la reflexión de las personas -los jóvenes, en particular- a quienes les interesa el campo interdisciplinario *ciencia-tecnología-sociedad*.

Son varios los centros universitarios en que se están iniciando actividades de posgrado, a imagen de la maestría precursora que funciona en el Centro de Estudios Avanzados de la Universidad de Buenos Aires. La noticia de que la joven y dinámica Universidad Nacional de Quilmes los está programando en estos momentos no hace más que confirmar la convicción de que es muy necesario ampliar las fuentes de información académica. Ese ha sido, en resumen, el propósito de este artículo.

Condiciones socioculturales y cognitivas en la producción de un campo científico

Valeria A. Hernández*

En el presente trabajo se pretende analizar el modo en que se produce el campo de la práctica de investigación en una comunidad científica particular. Específicamente, la producción de las relaciones de colaboración por parte de los biólogos experimentales. A partir de la realización de un trabajo etnográfico desarrollado en un laboratorio de biología experimental se indaga de qué manera la representación de la naturaleza (a través de los conceptos de *organismo* y *mecanismo*) constituye una condición cognitiva a partir de la cual se estructuran determinadas relaciones sociales (específicamente las relaciones de colaboración) en el interior de esa comunidad científica. Se pretende mostrar de qué manera se reinvierten las condiciones cognitivas en relación con los intereses sociopolíticos de los propios investigadores dando forma a una determinada organización en el establecimiento de las relaciones de colaboración entre laboratorios.

Introducción

En primer lugar, expondremos el punto de partida epistemológico desde el cual llevaremos adelante el análisis del caso en investigación. Partimos de una caracterización de la ciencia que la supone como un ámbito de producción de conocimiento validado. Dicho ámbito está influido por el contexto social en el cual se desarrolla el proceso de producción científico (proceso que incluye tanto el producto cognitivo -teorías, técnicas, tecnologías, etc.- como la actividad que desarrollan los sujetos para producir dichos productos -experimentos, discusiones, redacción de artículos, etc.). Específicamente, proponemos pensar en la idea de condiciones de producción. Con ellas nos referimos a los factores que tradicionalmente han sido caracterizados como *extralógicos* o *extracientíficos*. Es posible, con fines analíticos, ordenar estos factores de acuerdo con las distintas esferas de la vida social, a saber: factores políticos, factores económicos, factores biográficos, factores socioculturales. En este sentido, adherimos a la idea de ciencia contextualizada. Esto supone, por un lado, que los factores

* Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires.

a los que hicimos mención tendrán ingerencia en la práctica científica pero de un modo mediatizado. Se trata, justamente, de analizar el modo en que los investigadores producen sus propias condiciones de investigación elaborando dichos factores en relación con su actividad localmente definida (es aquí, en parte, donde reside la pertinencia de un estudio etnográfico de la práctica científica). Por otro lado, en continuidad con el punto que acabamos de subrayar, tendremos como objetivo elaborar interpretaciones que den cuenta de la práctica científica poniendo en relación el plano de la acción (la actividad concreta y diversa que desarrollan los científicos en su labor cotidiana de investigación) y el plano teórico (los productos científicos, sean teorías, técnicas, protocolos, experimentos estandarizados, etc.), pues nos parece que teniendo en cuenta dicha articulación podremos producir interpretación desde la lógica propia de este campo social.

El trabajo de producción de conocimiento científico en biología experimental es el resultado de un proceso que se desarrolla en diversos espacios sociales, uno de los cuales es el laboratorio. Es importante subrayar que no se agota en él, ni siquiera se puede pensar que ocupa un lugar privilegiado, en la medida en que la actividad que allí se desarrolla es muy rápidamente invertida en otros espacios sociales o *arenas* y es esta dinámica la que nos interesa reconstruir. Adherimos a la idea según la cual no es posible hacer coincidir la práctica científica con la actividad que se desarrolla entre los muros de un espacio físico que denominamos laboratorio. Es necesario tomar en consideración los múltiples espacios de interacción que producen los investigadores y a partir de los cuales son producidos como tales.

Coordenadas del caso de análisis

Comenzamos nuestro trabajo de campo en el mes de diciembre de 1993 y tuvo una duración de 12 meses. El laboratorio que constituyó nuestro punto de referencia inicial pertenece al campo disciplinar de la Biología, su especialidad es bioquímica y biología molecular; el tipo de investigación que desarrollan es ciencia básica y el organismo experimental que les interesa es el parásito *Trypanosoma cruzi*. Este laboratorio pertenece a un instituto de investigación muy importante en el marco de la comunidad biológica argentina y tiene inserción en la comunidad científica internacional, reconocida a partir de invitaciones a congresos, publicaciones internacionales, premios internacionales, convenios con instituciones extranjeras, etcétera.

Queremos precisar ahora el punto central que nos interesa presentar aquí: un análisis de la forma en que son producidas las relaciones de colaboración en el campo de la biología experimental. Desarrollaremos nuestro análisis utilizando como hilo expositivo una reconstrucción etnográfica que se estructura a partir de dos situaciones significativas: las relaciones de colaboración que mantiene nuestro laboratorio "A" con otros laboratorios y el trabajo de mesada que realizan los investigadores en el laboratorio.

Producción del campo sociocultural y político de la investigación: relaciones de colaboración y trabajo experimental

Al considerar las relaciones de colaboración que establece nuestro laboratorio "A" en el espacio transinstitucional, podemos referirnos centralmente a dos polos hacia los que se orienta dicha colaboración: polo 1: Eslovenia; polo 2: Suecia.

Pero, ¿qué significa establecer relaciones de colaboración? En términos generales, significa poner a disposición de dicha relación una serie de recursos de diverso tipo (cognitivos y materiales) con los que ya se cuenta, con el fin de obtener unos nuevos. Un rasgo importante de dichos recursos es que, en principio, serán de tipo complementario en relación con las disponibilidades de los laboratorios que entran en relación. Hay en esta noción de "colaboración" un componente que remite a la idea de "intercambio", en la medida en que se reconoce al otro laboratorio como poseedor de recursos que faltan en el propio, sin los cuales no se podría llevar adelante el objetivo de investigación deseado. Dicha falta es la que impulsa al intercambio, a la colaboración. Sin embargo, esta colaboración que reconoce disponibilidades en ambos polos de la relación no se establece sino a través de situaciones sociales totales. Es decir que si bien en el punto en que se acepta la colaboración hay un reconocimiento de necesidad mutua, y por lo mismo se produce al otro como colaborador posible, hay también una jerarquía general entre los laboratorios que entablan la colaboración tomados como totalidad. En este sentido, es posible suponer que no tendrán las mismas características las relaciones de colaboración entre laboratorios que pertenecen a países en donde la disponibilidad de recursos para la investigación es relativamente igual, que en los casos en donde dicha disponibilidad es marcadamente diferente. Cada situación constituye una configuración particular y tendremos que analizar de qué manera los elementos que

pondremos en juego en nuestro análisis se presentarán en cada configuración.

La dinámica de las relaciones de colaboración es muy compleja, y para comprenderla es importante tener en cuenta la diversidad de los elementos que intervienen. Tal como dijimos, vamos a centrarnos en nuestro caso de estudio para ir analizando dichos elementos. En primer lugar, la colaboración que constituye nuestro caso tiene como característica contextual más amplia el hecho de que los laboratorios que se ponen en relación pertenecen a países en los que los recursos económicos disponibles para la investigación son desiguales. Ello tiene como efecto en la actividad de investigación que los laboratorios con mayor disponibilidad (el laboratorio sueco y el esloveno) cuentan con tecnología de avanzada que en nuestro laboratorio "A", con menor disponibilidad, suele faltar (en el caso de Suecia la disponibilidad de tecnología para desarrollar investigaciones en el campo de la genética es marcadamente superior en cantidad y en calidad que la que dispone el laboratorio "A"; en el caso de Eslovenia, la estrecha vinculación que los investigadores eslovenos mantienen con los investigadores alemanes permitió que se equiparan con tecnología muy sofisticada y que se iniciaran en una serie de técnicas, como es el caso de la cristalografía, dando por resultado una disponibilidad de recursos cognoscitivos y materiales que los convierte en posibles colaboradores de nuestro laboratorio "A".¹ En todos los casos de colaboración hubo desplazamientos de investigadores de un laboratorio a otro. En parte debido a que una gran parte del interés en dichas colaboraciones residió en la realización de procedimientos experimentales que no están al alcance en el país del laboratorio "A", con lo cual fueron los investigadores jóvenes de este laboratorio los que se movilizaban físicamente para *aprender esas técnicas* y desarrollar los experimentos. Pero también hubo otra serie de desplazamientos cuyos protagonistas fueron los jefes de laboratorio. El doctor Dante, jefe del laboratorio "A", nos dio dos sentidos para entender estos desplazamientos: por un lado, deben su origen a la necesidad que tienen los jefes de los laboratorios de realizar reuniones y afianzar así los lazos personales entre ellos para continuar con la colaboración y,

¹ Sin que las condiciones políticas que rodean esa región geográfica intervinieran como elemento de consideración.

por el otro, a la necesidad de apoyar a los investigadores jóvenes que están desarrollando los experimentos en el extranjero.²

Para ordenar la exposición de los elementos que se deben considerar vamos a recurrir a la distinción analítica que sugerimos en la introducción de este artículo, a saber, plano de la acción/plano teórico. Comenzaremos por el plano de la acción.

En general, los investigadores *juniors* de los laboratorios de la periferia (con menor disponibilidad de recursos) son los que se desplazan físicamente hacia los laboratorios del centro (con mayor disponibilidad de recursos) para desarrollar las tareas experimentales que requieren las líneas de investigación que se desarrollan en colaboración (el tiempo de dicha estadía es muy variable, pero siempre tiene, en principio, una fecha de finalización). Esto significa que el laboratorio *centro* recibe una fuerza de trabajo (material e intelectual) formada en las técnicas básicas de manipulación y en los conceptos básicos de la disciplina y la subespecialidad. En otras palabras, no tiene que invertir en la formación de ese recurso humano. Un rasgo importante a señalar en relación con este punto es que la disposición de ese investigador de la periferia será de total aprovechamiento del tiempo por el que se prolongue su estadía. Este rasgo imprime al estilo de trabajo un alto grado de exigencia y disponibilidad.³ Otro elemento a destacar es la inversión de distintos recursos por parte de los laboratorios del centro: inversión de tiempo de alguno de los investigadores que trabajan en conjunto con el investigador visitante, inversión de materiales básicos (drogas, equipos técnicos, en algunos casos hasta la aplicación de un técnico para que trabaje con el investigador visitante en su línea de trabajo), en fin, inversión de una serie

² Lamentablemente no hemos podido profundizar en esta situación, principalmente por no haber podido acceder a ninguna de esas reuniones entre jefes, las que se desarrollaron en el extranjero, ni tampoco pudimos hacer trabajo de campo en los laboratorios en donde los investigadores *juniors* desarrollaron su estadía. Uno de nuestros objetivos en lo que hace a la continuidad de este estudio es, justamente, realizar dicho trabajo etnográfico siguiendo los desplazamientos de los investigadores en sus periplos internacionales.

³ Esto se relaciona, por un lado, con el hecho de que la estadía tiene una finalización predeterminada; por otro lado, y en inevitable comparación con los investigadores residentes, que pasan a ser el punto de referencia, la actividad de investigación para el investigador visitante constituye el centro de su interés en función del cual se organizan jerárquicamente el resto de los intereses posibles, mientras que para los investigadores residentes, quienes tienen su vida de relaciones sociales, familiares, culturales, etc., dicha organización es, en principio, pasible de múltiples jerarquizaciones.

de capitales de los que dispone el laboratorio *centro*, y que pone a disposición de esa colaboración. Otro punto de análisis importante es la relación entre los jefes de los laboratorios en colaboración. La carga de trabajo para el jefe del laboratorio del centro se mantiene sin mayores alteraciones, mientras que para su par del laboratorio de la periferia cambia bastante. Los jefes de los laboratorios *periferia* son los que, generalmente, se encargan de escribir los artículos, mientras que los de los países centrales se limitan a dar una leída a los mismos antes de enviarlos para su publicación. Más aún, la responsabilidad sobre los posibles errores en un artículo que ha sido enviado a la editorial de una revista para su evaluación y eventual publicación recae principalmente en los jefes de los laboratorios de la periferia. Y esto se debe al principio mismo que dio origen al artículo fruto de la colaboración: si se trata de un artículo que es el resultado, principalmente, del trabajo desarrollado por el investigador *junior* que se desplazó hacia el laboratorio *centro* (que contaba con el capital tecnológico, material, etc.) para realizar dicha investigación, entonces el tema del artículo es generalmente uno que había sido iniciado ya en el laboratorio de origen de dicho investigador y cuyos antecedentes (estado de la discusión en el tema, métodos y técnicas, etc.) constituyen fundamentalmente un capital cognoscitivo del laboratorio de la periferia más que del laboratorio del centro, para quien dicho tema se presenta como secundario en la lista de las prioridades de su programa de investigación. Por todo lo expuesto, se asume que quien tiene una capacidad crítica y la posibilidad de evaluar los eventuales argumentos refutatorios esgrimidos por investigadores (competidores) del campo de investigación de la especialidad es, evidentemente, el jefe del laboratorio *periferia*. Por ejemplo, en el caso de la colaboración con el laboratorio esloveno, como veremos más adelante, la profundidad de conocimiento sobre el parásito *Trypanosoma cruzi* y sobre la enzima *cruzipaina* en particular, es significativamente superior en el jefe del laboratorio "A" que en el del laboratorio esloveno, y el campo de interlocutores y los antecedentes publicados sobre el tema son de conocimiento del jefe del laboratorio "A" y, por lo mismo, es principalmente su responsabilidad (podríamos aun decir su autoridad) la que se pone en cuestión. Y en esto se juega "la confianza y la seriedad" que merece un investigador, la que siempre se arriesga de esta forma en cada nueva relación de colaboración.

Ahora bien, pasemos al plano teórico. Como dijimos, la investigación que desarrollan los científicos del laboratorio "A" se centra en el estudio del *Trypanosoma Cruzii*, que es el parásito que da origen a la

enfermedad de Chagas. Particularmente cuenta como capital simbólico científico fuerte el haber purificado y caracterizado una enzima (*cisteín proteinasa*, principal del parásito) a la que bautizaron *cruzipaína*. Sin embargo, en ninguno de los dos casos de colaboración que mencionamos (polo Suecia y polo Eslovenia) las relaciones de intercambio están estructuradas a partir de un interés estricto sobre el fenómeno "la enfermedad de Chagas" ocasionado por el organismo vivo *Trypanosoma cruzi*, ya que en ninguno de dichos países se dan casos de esta enfermedad. A pesar de ello, las colaboraciones parecen vividas por los científicos -tanto del país en donde hay un interés por conocer el fenómeno *enfermedad de Chagas* como por los de los países en donde a tal fenómeno no se le reconoce ninguna importancia, puesto que no existe en su medio- como absolutamente racionales y fluidas. Resumimos aquí en una pregunta el tipo de cuestiones que nos interesó indagar en relación con el tema durante el trabajo etnográfico, pregunta que expresamente evitó asumir argumentos como razonables a priori y que, por el contrario, supuso trabajar sobre "lo obvio": *¿Por qué les interesa a los eslovenos o a los suecos, países en los que no existe el parásito Trypanosoma Cruzi ni la enfermedad de Chagas, colaborar con laboratorios argentinos en este tema?*

Por el lado de los laboratorios argentinos es comprensible: obtienen del extranjero recursos de todo tipo -económicos, cognoscitivos, estatus, etc.- ganancia total. Pero aquello que permanecía sospechoso era ¿en qué se benefician los equipos de aquellos países?; ¿cuál es el interés, sea el que fuere -cognoscitivo, económico, político, etc- al establecer estas colaboraciones?; ¿por qué invierten este capital científico, económico, temporal, personal?

Si bien es cierto que los científicos que desarrollan su trabajo en laboratorios de países centrales (laboratorios *centro*) aumentan su capital editorial, al mismo tiempo la mayor parte de los insumos los pone el propio laboratorio centro. Entonces, la relación costo/beneficio que se puede deducir de esta ecuación no parecía tener un resultado evidente. Finalmente, expusimos nuestra pregunta a los investigadores y registramos sus interpretaciones. Una primera respuesta articulada por los investigadores fue: lo que sucede es que "ellos tienen dinero como para darse el lujo de investigar temas exóticos", como por ejemplo es el Chagas para los suecos. Sin embargo, sabemos que el recorte presupuestario del estado en los países centrales también es importante, y no se justifica plenamente argumentar que el gobierno de dichos países orienta dinero en investigaciones con la premisa del *exotismo*. Una segunda respuesta fue que "no es que les interese el

Chagas (podríamos decir el fenómeno) o el *Trypanosoma cruzi* (podríamos decir el organismo), sino que lo que les interesa es cómo funcionan ciertos aspectos del parásito (podríamos decir ciertos mecanismos)" pues de esta manera es posible homologar resultados de este parásito con los obtenidos en el estudio de otros parásitos que sí están presentes en estos países.

En relación con Eslovenia, por ejemplo, el laboratorio "A" mantiene un convenio de colaboración con el laboratorio "S", el que trabaja centralmente en establecer cristalografías de enzimas *cisteín proteinasas* de diferentes organismos vivos. Ahora bien, dicho convenio en la práctica supone que desde el laboratorio "A" se envía *cruzipaína* (que, recordemos, es la *cisteín proteinasa* principal del *Trypanosoma cruzi*) hacia Eslovenia. En el laboratorio "S", a partir de técnicas muy sofisticadas (que en el laboratorio "A" y en el resto del país no es posible desarrollar, fundamentalmente por falta de presupuesto y de gente formada en esa técnica), se determina la estructura tridimensional de la molécula de dicha enzima. El equipo de investigación del laboratorio "S" ha caracterizado la estructura molecular de muchas *cisteín proteinasas* principales correspondientes a diferentes organismos pero, hasta el momento, no cuenta en su colección con ninguna de un parásito. Es por ello que, desde el punto de vista cognoscitivo, le interesa establecer la colaboración con el laboratorio "A". Aquello que queremos subrayar de esta situación es que más allá de que en Eslovenia exista o no la enfermedad de Chagas vehiculizada por el parásito *Trypanosoma cruzi*, las relaciones de colaboración se establecen por la coincidencia en el estudio de una estructura en particular, la "estructura tridimensional de una molécula", en el marco de un mecanismo en particular: *el estudio de la enzima cisteín proteinasa principal de Trypanosoma cruzi y sus inhibidores*.

Lo que le interesa al laboratorio "S" es que la enzima llamada *cruzipaína* cumple con el requisito de ser una *cisteín proteinasa* y además que proviene de un parásito. Lo principal es que sea una *cisteín proteinasa*; luego es posible la colaboración porque el laboratorio "A" les puede facilitar la *cisteín proteinasa* principal de un organismo como el parásito, del cual les falta tener la estructura molecular tridimensional. He aquí lo que podríamos llamar una condición de posibilidad de tipo cognitivo de la relación de colaboración.

Podemos, a esta altura del análisis, identificar una dupla conceptual que será el hilo conductor del análisis que sigue, a saber: organismo-fenómeno/mecanismo-estructura. El eje cognitivo a partir del cual se organiza esta colaboración es "la caracterización de cierta estruc-

tura" más que el fenómeno "mal de Chagas" o el organismo "*Trypanosoma cruzi*". El interés que guía la colaboración de nuestro laboratorio "A" con este laboratorio esloveno, y viceversa, se basa en una coincidencia cognoscitiva sobre cierta estructura biológica, es decir la caracterización de la estructura tridimensional de la enzima cruzipáina. Coincidencia que es posible producir sin hacer intervenir el organismo del cual esta estructura ha sido abstraída, en este caso el *Trypanosoma cruzi*, el cual permanece como el organismo-modelo-experimental.

Ahora bien, la primera pregunta que nos hacemos es de dónde viene esta posibilidad de identificar la diferencia entre "organismo" y "estructura". Cómo es que se constituyó esta diferencia como una premisa básica (evidente, obvia, para los investigadores) de la disciplina. De acuerdo con lo dicho hasta aquí, parece importante reconstruir la representación que los científicos tienen de su campo de investigación y de esta naturalización de la clasificación de intereses según "bicho" (organismo) o "aspecto" (estructura). Dejaremos de lado, a los fines de este artículo, la exposición de la reconstrucción histórica que hemos encarado en nuestra investigación y nos centraremos en las conclusiones a las que hemos arribado a partir del análisis de las categorías de organismo-fenómeno y de mecanismo-estructura en el campo de la biología contemporánea.

Retomamos aquí las palabras del jefe del laboratorio "A" (doctor Dante):

[...] Uno puede estudiar una cosa en un organismo porque le interesa la cosa o porque le interesa el organismo. Y entonces, a lo mejor, supongamos, el doctor Paredes estudiando las glicoproteínas [...] no tenía la menor idea de lo que era un *trypanosoma*, pero sabía sí de glicoproteínas, entonces él hizo un excelente trabajo sobre las glicoproteínas del *trypanosoma* sin tener prácticamente la más pálida idea de lo que era el *trypanosoma*. Ahora ya sí, después de años, pero con todo yo creo [...] que nunca se ha puesto a leer minuciosamente el metabolismo del parásito y tratar de tener un conocimiento amplio de lo que es el parásito. El siempre se ha ido centrando en el tema que es el que le interesa a él: glicoproteínas. En cambio, hay otra gente que le interesa el *trypanosoma cruzi*. Entonces un día dice, bueno vamos a estudiar tal y tal enzima de tal metabolismo del *trypanosoma cruzi*. Y al mismo tiempo, en el mismo laboratorio tiene a una persona..., y yo mismo hago eso, tengo a unos estudiando metabolismo de aminoácidos, otros estudiando metabolismo de proteínas, proteinasas [...] Eso porque la cosa unificadora es el *trypanosoma*, en el fondo. En cambio, en el laboratorio del doctor Paredes es al revés, él tiene a su gente estudiando cosas relacionadas con las glicoproteínas de alta manosa, en-

tonces tiene algunos que están en *trypanosomas*, tiene algunos que están en hígado, tiene algunos que están en levaduras.[...]

A partir de la descripción que nos ofrece el doctor Dante acerca de cómo un jefe de laboratorio distribuye las actividades entre los investigadores que están bajo su dirección, podemos situar la importancia que estas categorías tienen a la hora de interpretar la organización de la actividad de investigación en un laboratorio. El interés cognoscitivo puede estar focalizado en un organismo, por caso el *trypanosoma*, o un fenómeno, la enfermedad de Chagas, o bien puede estar centrado en un mecanismo, como el metabolismo de proteínas, o una estructura, caracterización bioquímica de la enzima "X". Se percibe aquí el señalamiento de dos estilos de organizar a *la gente*. Articulando esta descripción y nuestro interés en la forma en que las categorías de organismo-fenómeno y mecanismo-estructura organizan la actividad de investigación, podemos forzar el desarrollo cotidiano de la práctica científica hasta esquematizarlo en un modelo "tipo ideal" (que, naturalmente, nunca encontraremos tal cual en la práctica de ningún laboratorio). Dicho modelo sugiere dos tipos ideales de estrategias de investigación:

1) Si se trata de un programa de investigación que se propone describir y explicar un determinado organismo o fenómeno (por ejemplo el *Trypanosoma cruzi* la enfermedad de Chagas) estaremos frente a una perspectiva holista y necesitaremos, por lo tanto, de una estrategia de investigación holista. Es decir que en algún momento de la investigación se proponga reconstruir los diferentes niveles de análisis -estructuras, mecanismos o aspectos- hasta integrarlos en el sistema o fenómeno de estudio. Esto implica un interés cognoscitivo que pondrá el acento en las grandes funciones que serán entendidas a través de explicaciones funcionales o teleológicas. Así, el objetivo final será comprender el organismo como un todo, y explicar y reconstruir (la idea de síntesis aquí es muy fuerte y descriptiva del tipo de interés cognoscitivo de que se trata) el funcionamiento de los diferentes mecanismos y estructuras (activación y represión de enzimas, estructura molecular, cristalografías, etc.) como partes que contribuyen al funcionamiento del sistema (parásito *Trypanosoma cruzi*). Más aún, se pretenderá explicar este sistema dentro del conjunto del sistema *naturaleza* (en términos evolutivos, por ejemplo, por qué determinada función fue seleccionada);

2) si se trata del estudio de estructuras o mecanismos biológicos estaremos frente a una perspectiva reduccionista. Esta supone el estu-

dio de estructuras o mecanismos específicos que en algún momento ulterior podrán ser integrados en explicaciones funcionales. Pero en ningún momento dicha instancia reunificadora obstaculiza la continuidad del programa y de la actividad de investigación en curso. Se trata de una estrategia de investigación que simplifica el desarrollo del estudio en por lo menos dos sentidos: a) se focaliza sobre un mecanismo que no es necesario relacionar ni con otros mecanismos ni situarlo en relación con el sistema *organismo*, y b) no es necesario integrar explicaciones funcionales a gran escala (en términos evolutivos, por ejemplo, mostrar cómo determinado conjunto de mecanismos -que ocuparían el lugar de la causa en la estructura de una explicación funcional- constituye el conjunto de condiciones necesarias para que un organismo resulte exitoso frente al medio en el proceso de selección natural).⁴

Esta clasificación de las posibles estrategias de investigación que se pueden poner en práctica en un laboratorio responden, a su vez, a una determinada representación de la naturaleza vigente en la Biología. Se supone la posibilidad de clasificar a los organismos vivos de acuerdo con un esquema evolutivo, no jerárquico, un orden de aparición temporal cruzado con la idea de complejización de los organismos

⁴ Conviene aclarar que la noción de reducción no está unívocamente definida y puede ser fuente de múltiples discusiones. Por un lado, remite a la discusión en términos de reducción lógica de una teoría a otra. Un excelente trabajo de análisis de este tipo es el desarrollado por Michael Ruse (1971). La que a nosotros nos interesa aquí se refiere, en cambio, a una reducción de tipo epistemológico. Esta supone posicionarse en un campo científico dado (biología, física, etc.) e indagar cómo se han jugado teóricamente los recursos explicativos (tanto teóricos como metodológicos) introduciendo la dimensión histórica. Un análisis en esta dirección en el campo de la biología lo encontramos en Canguilhem, G., "Etudes d'histoire et de philosophie des sciences" (1968), en Mendelsohn, E., "Revolution and Reduction" (1975), en Tibon-Cornillot, M., "La mecanisation du vivant" (1990), en Thuiller, R., "Jeux et Enjeux de la science" (1972), entre otros. Para los fines del presente trabajo, puede ser ilustrativo retener las siguientes citas respecto de la noción de reducción que nos interesa, a saber: "[...] según ese punto de vista limitado [el reduccionista], la naturaleza no puede ser conocida si no es a través de disecarla minuciosamente [...]" (Weiss, P., 1974:164); "[...] descomponer un problema complejo en diferentes partes, luego cada una de esas partes en sus componentes aún más elementales, hasta llegar a los elementos mas simples, cuya recomposición metódica permitirá comprender el problema inicial [...]" (Tibon-Cornillot, 1990:48). Respecto de la dinámica histórica que se generó en torno a la relación holismo/reduccionismo en biología y las posiciones filosóficas que se alinearon a cada lado se puede consultar específicamente el capítulo "Un et Un ne font pas deux" del libro de Wiess, P. (1974). Nos interesamos fundamentalmente por el modo en que estas perspectivas (holista/reduccionista) fueron producidas por los investigadores y de qué manera hoy son puestas en juego, constituyendo los supuestos sobre los cuales se despliegan las interacciones en la comunidad de biólogos experimentales.

-eje diacrónico-. También se supone que, en principio, los mecanismos y estructuras se repiten en todos los organismos vivos con mayor o menor complejización -eje sincrónico-. Dada esta representación de la naturaleza, es posible dedicarse al estudio de un determinado mecanismo biológico en diferentes organismos y establecer mapas comparativos, sin preocuparse por proveer explicaciones acerca de la contribución de ese mecanismo a la reproducción y conservación del sistema u organismo. Un punto que conviene aclarar es que no necesariamente en un laboratorio dado se da una u otra de las perspectivas de manera excluyente. Pueden darse ambas a la vez, retomadas en diferentes líneas de investigación desarrolladas por diferentes investigadores de un mismo laboratorio.

En todo caso, lo interesante es reconocer que los supuestos y los objetivos de cada estrategia son distintos, y que podrán ser integrados en un nivel de articulación posterior al trabajo de mesada. Esta articulación de las diferentes líneas y estrategias de investigación que se dan en un mismo laboratorio es una tarea generalmente asumida por el jefe del laboratorio. Los supuestos cognitivos del campo de investigación en biología son tales que, como correlato en la organización social de la investigación, es posible que los científicos permanezcan ajenos a las investigaciones individuales de sus compañeros de laboratorio, sin que por ello se vea afectada su propia investigación.

Es necesario señalar que nos referiremos aquí a las actividades de investigación desplegadas por los científicos en su labor cotidiana y que aparecen como las más obvias, las más rutinarias, es decir las más naturalizadas en la actividad. Tomamos como referencia los experimentos diseñados a partir de protocolos repetidos decenas de veces en un mes, o las mediciones que se realizan con una determinada expectativa sobre el resultado a obtener. En términos kuhnianos, se trata de la actividad en el período de *ciencia normal*, y en palabras de Gérard Lemaine, de *hipernormalidad*. Al precisar nuestro análisis en dicha actividad, vemos que más que sobre el organismo vivo *Trypanosoma cruzi*, el acento está puesto en el mecanismo biológico que estudian en determinado *bicho* (organismo). Las técnicas y los experimentos están diseñados para acelerar, inhibir o realizar determinados mecanismos biológicos, quedando el organismo vivo "parásito: *Trypanosoma cruzi*" como el modelo experimental que se toma como referencia para realizar dichas manipulaciones.

Nos interesa a partir de aquí volver a introducir el punto central de interés de nuestro estudio, a saber, cuáles son los efectos de esta manera de producir el campo de investigación sobre la organización po-

lítico-social de la comunidad de biólogos. Queremos profundizar el análisis de los vínculos que encontramos entre esta manera de representarse y hacer la biología y la organización de las relaciones de colaboración entre los biólogos. De acuerdo con todo lo expuesto (la visión de la naturaleza como un conjunto de organismos vivos cuyo funcionamiento se organiza en relación con diferentes mecanismos biológicos, que se repiten con leves variantes en los grupos de organismos del mismo nivel evolutivo y en algunos casos se repiten en todos los organismos, sea cual fuere el nivel evolutivo, en especial determinados mecanismos y estructuras a nivel molecular) las alianzas y colaboraciones se establecerán a partir de la asunción de que la naturaleza responde a la representación que acabamos de describir.

Las relaciones de colaboración serán producidas en correspondencia con dicha representación y podrán ser de todo tipo y alcance con diferentes equipos de investigación, nacionales y/o extranjeros, ya sea teniendo en cuenta la coincidencia en el estudio del mecanismo biológico y la complementariedad entre los diversos organismos en que se repite dicho mecanismo -perspectiva reduccionista-, o bien tomando en cuenta la complementariedad entre el estudio de diferentes mecanismos de un mismo organismo, con vistas a una integración en explicaciones funcionales que den cuenta del funcionamiento, conservación y/o reproducción del organismo y su relación con el resto de los organismos vivos en el medio natural desde un punto de vista evolutivo (perspectiva holista).

Sin embargo, hay un aspecto que no termina de explicarse: ¿por qué no se establecen relaciones de colaboración entre equipos que estudian el mismo mecanismo en el mismo organismo vivo o con vistas a explicar el mismo fenómeno?; ¿por qué los investigadores que se encuentran posicionados en una situación de este tipo se reconocen mutuamente como competidores y por lo tanto inhibidos de producirse como aliados o colaboradores? Para respondernos podríamos hacer referencia a la competencia por el reconocimiento (factores sociales), por los subsidios a la investigación o la posibilidad de patentar el conocimiento con vistas a su rendimiento económico una vez puesto a circular en el mercado farmacéutico u otro (factores económicos), o apelando a cualquier otro argumento por el estilo. Pero, optando así, nos obligaríamos a llevar nuestro análisis hacia la consideración de factores o elementos que no nos dicen nada del modo en que se produce el propio campo de la ciencia pues no damos cuenta del modo en que estos factores o elementos son mediatizados por los actores de dicho campo. En otras palabras, constatamos un hecho social, y es que

existe un tipo de relación que se presentará siempre como de enfrentamiento y competencia: las relaciones con un equipo de investigación, sea nacional o internacional (aunque más en el primer caso), que estudie el mismo mecanismo biológico en el mismo organismo vivo. Será definitivamente imposible una relación de intercambio cognoscitivo con tal equipo, no hay ningún tipo de posibilidad de asociarse.

El problema que se nos presenta a esta altura es que debemos reconocer que no solamente se estructuran las relaciones posibles a partir de una representación dada de la naturaleza y la forma de aprehenderla, sino que además se estructuran las imposibles. Para aclarar este punto es necesario señalar uno de los elementos que intervienen en el modo en que los científicos se producen como tales: la producción de la identidad del investigador asociado a un producto científico y de ahí la apropiación personalizada de un objeto de estudio. Dicha apropiación se produce también sobre la base de los mismos supuestos asumidos como naturales. Recordemos las palabras del doctor Dante que citamos antes: "[...] Uno puede estudiar una cosa en un organismo porque le interesa la cosa o porque le interesa el organismo". Un investigador investiga algo que puede ser *una cosa*, es decir un mecanismo o una estructura particular, o *el organismo*. La producción de la propia identidad de investigador y del otro como investigador se basa, entre otras cosas, en la misma operación de diferenciación entre organismo y mecanismo. El proceso de especialización y la producción de la identidad científica como *especialista en...* responden a la misma dinámica. El investigador se produce como *especialista en...* operando una identificación entre sí mismo y un objeto de investigación. Así, es posible interpretar la imposibilidad de asociarse entre dos sujetos que pretenden producirse como especialistas en el conocimiento de un mismo producto cognitivo. Esto nos permite reconstruir el mapa de una comunidad científica y mostrar la relevancia de conectar la dinámica de la organización social y política de un laboratorio (organizando el intercambio y la comunicación en el interior de la comunidad) con el tipo de supuestos cognitivos y epistemológicos que se sostienen desde esa misma comunidad científica. Factores sociales y políticos articulados con una determinada visión de la naturaleza.

A modo de conclusión subrayemos que nos parece que al considerar las categorías *organismo* y *mecanismo* es posible interpretar desde el propio campo de investigación el modo en que se producen las relaciones de colaboración entre los investigadores, y también es posible interpretar la dinámica de la organización del trabajo en el interior del laboratorio: los diferentes actores y actividades en las que

cada uno de ellos se especializa, se produce como investigador *junior* o como científico jefe de laboratorio, etc., produciendo conocimiento y relaciones sociales a partir y en medio de asunciones construidas históricamente y reinterpretadas en contextos locales. Al interesarnos por la articulación de las condiciones cognitivas y las socioculturales y políticas podemos forjar interpretaciones que pretenden quedar dentro del propio modo de comunicación de la comunidad de biólogos. Este tipo de enfoque nos permite recuperar el carácter cultural de ese espacio social constituido por la práctica científica, en la medida en que vemos la producción de la identidad científica y de las relaciones sociales para la investigación como un resultado de la comunicación intersubjetiva de ese campo particular, ü

Bibliografía

- Althabe, G., "Vers une ethnologie du present", en *Cahier 7, MSH, Ethnologie de la France*, París, 1992, pp. 247-257.
- Boudon, R. y M. Clavelin, *Le relativisme est-il resistible? Regars sur la sociologie des sciences*, París, PUF, 1994.
- Canguilhem, G., "Logique du vivant et histoire de la biologie", en *Sciences*, No. 71, marzo-abril de 1971, pp. 20-25.
- Gemelli, G., *Big Culture. Intellectual Cooperation in Large-Scale Cultural and Technical Systems*, Italia, Editrice CLUEB Bologna, 1992.
- Lemaire, G., "Science normal et science hypernormale", *Rev. Fran. Sociol.*, xxi, 1980, pp. 499-527.
- Raj, K. y Poulet-Mathi, S., "La fosse scientifique et technologique entre le Nord et le Sud", en Witowski, N., *L'etat des sciences et des techniques*, París, La Découverte, 1991.
- Ruse, M., "Reduction, Replacement and Molecular Biology", *Dialéctica*, vol. 25, 1, 1971, pp. 39-72.
- Schuster, R., 1996, "Los laberintos de la contextualización en ciencia", en Althabe y Schuster (comps.), en prensa.
- Tibon-Cornillot, M., "La mecanisation du vivant. Construction du vivant et savoirs biologiques modernes", en *Quaderni*, No. 11, 1990, pp. 25-55.
- Weiss, P. A., *L'archipei scientifique. Etudes sur les fondements et les perspectives de la science*, París, De Maloine S. A. Editeur, 1974.



Ciencia sin seso. Locura doble, Marcelino Cereijido, México, Siglo XXI, Editores, 1994, 287 páginas

La imagen del científico loco es un recurso casi de rigor en las caricaturas que suelen hacerse sobre esta profesión. Pero quizás porque en el imaginario social genialidad y locura son una asociación *lícita*, a los científicos les gusta jugar con la idea de que su labor se desarrolla tanto con inteligencia como con rebeldía. En este libro, Marcelino Cereijido se une al juego apelando a estas ideas para reflexionar sobre la profesión científica y, por esta vía, revelar a los jóvenes aspirantes a investigadores los desafíos y dificultades que enfrentarán quienes quieran hacer ciencia en el seno de una cultura que no favorece la modernización y la articulación de sus aparatos científicos, tecnológicos y productivos.

"¿Estás seguro de que te quieres dedicar a la investigación científica en el Tercer Mundo? ¿Sabes en qué te metes cuando tomas esta decisión? ¿Cómo harás para orientarte?" Cereijido no ahorra advertencias. Como profesor de fisiología celular del Centro de Estudios Avanzados, en México, conoce la profesión desde sus entrañas. Partiendo de sus propias experiencias, desde la cotidianeidad del laboratorio hace una relectura de la labor del investigador con la ayuda de la historia y la filosofía de la ciencia, arribando a una suerte de recetario para aprovechar la locura constructiva que se esconde en cada científico y evitar el mal de la locura doble, o sea *Ciencia sin seso*.

El libro está dirigido especialmente a los jóvenes que desean ingresar a la carrera científica. Quienes buscan un conjunto armado de soluciones prácticas no encontrarán en éste el texto apropiado. "La formación de un científico no puede ser comunicada en un manual [...] sino trabajando, tomando café, contando anécdotas [...]" La estrategia del autor consiste en apelar a la autorreflexión de los practicantes de la ciencia, recordándoles que la investigación científica es ante todo una actitud ante la vida.

Deja así establecido su convencimiento en el ideal vocacional de la ciencia, para el cual "[...] no basta con ser trabajador, estudioso, generoso, atento [...] y tener la carcajada a flor de labios" (condición necesaria pero no suficiente, aunque tan necesaria para el

autor, que quiere hacerla explícita), sino que se requiere altas dosis de creatividad y audacia, cuestiones a las que se refiere en los capítulos 6 y 7.

Tal vez el genio consista en no tener demasiadas reglas, en no saber demasiado acerca de cómo deberían ser las cosas; en salirse del mundo de lo conocido y meterse en la jungla que lo rodea, ignorando los peligros que acechan. Es posible que lo que se llama creación consista en atreverse a lo siniestro.

Las propias reflexiones de Cereijido recorren un variado repertorio de temas tratados por diversas disciplinas asociadas al campo de los estudios de CyT... y un poco más allá también. El camino se inicia en la historia y la filosofía del conocimiento científico, la epistemología, pasando por la fisiología y la psicología cognitiva, la sociología y la antropología de la ciencia, las ciencias de la educación, la gestión y política de la CyT. Un recorrido demasiado ambicioso de no ser por el manifiesto objetivo del autor de no pretender realizar una exposición sistemática desde cada una de estas disciplinas.

Pero Cereijido sortea con habilidad y con sentido del humor este peligro. En el capítulo 1 comienza tan lejos como puede para asociar las raíces del pensamiento científico en el mismísimo pensamiento mágico: el hombre primitivo empezó a crear ventajas sobre la naturaleza a partir de la edificación de mitos como explicación del mundo. Para hacer *ciencia con seso* hay que reflexionar sobre los orígenes y las supuestas debilidades epistemológicas de nuestro aparato científico actual.

Los cuatro capítulos siguientes se dedican a brindar un pantallazo histórico sobre las corrientes epistemológicas y las teorías sociológicas que ayudan a conocer cómo y dónde se genera el conocimiento. Abundan las referencias y las citas: el panorama que se quiere describir es amplio y, siguiendo una vez más las reglas de la *ciencia con seso*, hay que esquivar los dogmatismos, ya que "[...] no hay una categoría general de ciencia, ni un único concepto indisputable de verdad, ni un único método científico".

De esta manera, es interesante ver cómo se recurre a concepciones diversas (y hasta competitivas): desde Bunge a Wittgenstein, entre Popper y Khun, hasta Merton y Latour, todos aportan su cuota para construir la visión que el autor tiene de la ciencia. Esto no impide que Cereijido tome posición en ciertos casos, poniendo un límite a la crítica radical sobre la ciencia, ya que "[...] la investigación y el saber no son una simple consecuencia de negociaciones y compromisos o de paradigmas impuestos por mafias académicas". Afirma que

Tal vez no sea exagerado resumir estos aspectos diciendo que las explicaciones acerca de cómo se hace ciencia han pasado de los antiguos modelos de frío razonamiento, a los de misteriosa psicología, de ahí, a los actuales de competitividad y actividad profesional.

Hay secciones del libro dedicadas a desmenuzar el contexto social de desempeño profesional del científico latinoamericano. Como hogar privilegiado de la ciencia regional, las universidades latinoamericanas son analizadas con un poco más de detalle: su desarrollo histórico en las últimas décadas y los problemas que arrastra la masificación; el tránsito de la dominación oligárquica a la populista y las alentadoras perspectivas de muchos establecimientos que intentan un nuevo modelo; las consecuencias de este panorama para el desarrollo de la investigación en laboratorios del Tercer Mundo.

Otros aspectos del contexto profesional sobre los que reflexiona Cereijido son: la interacción entre investigación y enseñanza, el mercado de trabajo, los sistemas de evaluación de la labor científica... A propósito de este último: es uno de los momentos en que Cereijido se dirige no tanto al joven aspirante sino a los responsables de las políticas científicas, ya que no puede evitar deslizar sus críticas al *peer review*. "Un sistema abominable, pero por ahora no tenemos nada mejor", señala con palabras de Hugo Arechiga quien, a su vez, parafrasea a Churchill.

La incursión sociológica más entretenida del texto ocurre cuando enumera estereotipos de científicos, recuperando y reconstituyendo mucho del conocimiento tácito que circula en los laboratorios. Desde el "científico volante", cuya vida transcurre más en los aviones e instituciones extranjeras que en su propio laboratorio, hasta los "caza tesis", que construyen su imperio sobre la base de la superpoblación de aspirantes a doctorado bajo su dirección; desde los "científicos post-mortem", nunca reconocidos en vida, hasta los "manos derechas" que se pasan la vida resolviendo las investigaciones de su director.

Finalmente, un tema que es tratado con especial énfasis es el de la ciencia en el Tercer Mundo. Desde el comienzo se advierte al lector que no deben atribuirse los problemas del desarrollo científico regional exclusivamente -o preponderantemente- a la escasez de dinero. La ineficacia burocrática, las visiones del mundo, la escasez de perspectiva histórica y otros aspectos culturales provocan según Cereijido mucho más daño a la ciencia que las crisis económicas. Esta tesis es desarrollada en diversos capítulos y se apoya en la concepción de la ciencia como un sistema complejo y en la crítica de una serie de fal-

sas creencias acerca de la perfección de la ciencia del primer mundo y la necesidad de importar modelos "cerrados".

Como ya se dijo, el libro está escrito desde la experiencia de un científico y, de acuerdo a lo explicitado por el autor, no pretende transformarse en una reflexión sistemática sobre la ciencia. Sin embargo, el resultado es un relato reflexivo que contiene las tensiones inevitables que están presentes en toda práctica social. La vocación, los ideales científicos y los maestros (presentes, como no podía ser de otro modo, en la referencia a Houssay y Leloir) se enfrentan a la necesidad de sobrevivencia de un investigador de carne y hueso en el Tercer Mundo. Al fin de cuentas, la ciencia no sólo se trata de laboratorios. •

María Elina Estébanez

Razones e Intereses. La historia de la ciencia después de Kuhn, Carlos Solís, Barcelona, Paidós, 1994, 279 páginas

Entre la sociología y la historia de la ciencia, la revolución cognitiva en los estudios empíricos de la ciencia produce convergencias que terminan por diluir las fronteras disciplinarias tradicionales. Así como no hay sociología sin que su empiria devenga histórica de manera inmediata, tampoco hay historia sin concepto por más que éste no sea otro que el del sentido común.

Pero si esta última es una verdad adquirida desde hace tiempo, excepción hecha sobre el hincapié que la historiografía pone en lo singular e irreplicable, el común terreno abierto para ellas en los estudios metacientíficos hace, como es el caso de este libro, a ambas disciplinas indistinguibles frente al común enemigo metafísico: la historia de la ciencia después de Kuhn no es otra cosa que la sociología de la ciencia después de Kuhn, sin que ello impida la existencia de matices o preocupaciones derivadas de la existencia de tradiciones que abrevan en distintas fuentes: la preocupación en el contenido erudito o en la teoría, la sensibilidad diferencial por el ángel benjaminiano de la historia o la eventual indiferencia ante el cierre del pensamiento categorizador.

En este sentido, para las prácticas historiográficas predominantes en nuestra región, el libro de Solís tiene con qué molestar a quien no

haya sido ya advertido: el punto de partida de la discusión no es, ni con mucho, el proceso de diferenciación de disciplinas, sino el planteo hasta cierto punto irónico de la inmediata identidad de las mismas, haciéndose eco tal vez excesivamente (y a veces con malicia) de las discusiones que enfrentan a la sociología del conocimiento científico y a la filosofía de la ciencia.

El libro está constituido por un ensayo y cuatro artículos clásicos de la "nueva" sociología de la ciencia: "Hijo de siete sexos: la destrucción de un fenómeno físico" de Harry Collins; "Teoría estadística e intereses sociales", de Donald MacKenzie; "El conocimiento frenológico y la estructura social del Edimburgo de principios del diecinueve", de Steven Shapin y "Ciencia, política y generación espontánea en la Francia del diecinueve: el debate de Pasteur y Pouchet", de John Farley y Gerald L. Geison.

La discusión que desarrolla Solís entre "razones" e "intereses" pareciera, sin embargo, obstaculizar hasta cierto punto el debate más que abrirlo: sólo una concepción muy limitada de la acción y las prácticas humanas pueden encontrar el lecho para una oposición que corre el peligro de convertirse en obstáculo irremontable en la medida en que la interlocución muchas veces unidireccional con la filosofía de la ciencia siga presuponiendo o bien un observador desinteresado y contemplativo como sujeto epistémico, o bien un actor interesado y activo *qua* sujeto social. El resultado de tal discusión no puede ser más que uno: una distribución más o menos equitativa entre razones e intereses, posición que intenta justificar Solís.

Aclaremos lo anterior: puesta la discusión en la mesa, ésa es la única respuesta verosímil dado que el científico-capitalista metaforizado por los modelos de mercado es la figura especular (y espectacularmente escandalosa) del científico bueno y desinteresado que trabaja por el bien de la humanidad (aunque desde hace algún tiempo sólo lo haga por la nación o una empresa multinacional). Lógica versus interés no es más que un momento, tal vez necesario, de una discusión infinitamente más vasta que sería injusto e incorrecto negar que se ha desarrollado ampliamente, pero que corre el riesgo de estancarse allí donde se cuestiona la imagen tradicional del científico teniendo en cuenta el carácter habitualmente maniqueo de las discusiones.

Es justo reconocer que Solís no cae en respuestas reduccionistas más allá de lo que sugiere el título del ensayo. En este sentido, nuestra duda es hasta qué punto tiene sentido todavía aceptar tal discusión en tanto que tal: sería absurdo negar, y nadie que piense que hay conocimiento lo haría, que hay lógica o razonamiento en el pensamiento

científico. Lo que pareciera ocurrir, en esta dirección, es la imposibilidad de un criterio firme de demarcación o, una cuestión estrechamente ligada, de negar la existencia de un rol científico como otredad absoluta a los vulgares roles humanos. Razones, intereses, deseos o piedad: no se trata de dirimir apriorísticamente la cuestión sino que ello debería ser materia del más estricto trabajo empírico.

En este sentido, en la negativa que compartimos a rechazar la afirmación "hay conocimiento", no parecería casual que en la discusión que desarrolla Solís, así como en los artículos presentados, se dejan realmente de lado las posturas más "extremistas" en el estilo del constructivismo radical, constituyéndose así en una presentación hasta cierto punto parcial de los nuevos "science studies".

Una cuestión que nos interesa por último destacar del trabajo de Solís, si bien relativamente marginal en su ensayo, es la discriminación entre las razones y los "estados racionales" o las causas de un pensamiento: cuestión al tiempo evidente y difícil, un razonamiento no explica nada si no se demuestra que ese razonamiento existió. Crítica a las reconstrucciones racionales lakatosianas o popperianas, el pensamiento, por puro que sea, necesita de quien lo piense: el tercer mundo puede que sea una ficción útil, pero no por ello deja de ser una ficción. El mundo de la epistemología puede pretender estar más allá del mundo, pero no por ello dejará de ser sometible a la crítica: idealismo sorprendente para la defensa del realismo científico.

No es una ironía sostener que, lejos de ser las nuevas corrientes en sociología e historiografía de la ciencia formas del "irracionalísimo posmoderno", al menos algunas de estas nuevas corrientes son la aproximación más científica, o si se quiere más ortodoxamente racional que poseemos para entender a la ciencia: si la sociología muestra la "irracionalidad" de ciertas prácticas apreciadas en nuestra cultura, este mostrar no podría ser otra cosa que el efecto de una voluntad racionalizadora.

Y en este sentido habrá que no dejarse llevar por las falsas identificaciones: la ciencia se ha constituido en nuestra cultura en el símbolo máximo de la racionalidad, pero sólo la pérdida y unidimensionalización de una cultura que ha sabido ser en cierto sentido más compleja, podría permitir la identificación, muchas veces intencionada, entre ciencia y razón.

Si la serpiente se muerde la cola, ello no habrá de sorprender: cosas más extrañas ha producido la matemática y la lógica de este siglo.

Alfonso Buch

Disparen contra la ciencia. De Sarmiento a Menem, nacimiento y destrucción del proyecto científico argentino, Sergio Núñez y Julio Orione, Buenos Aires, Espasa Calpe Argentina, 1995, 219 páginas

En su época, [Domingo] Sarmiento importaba científicos para que vinieran a hacer aquí todo lo que fuese necesario para crecer. En cambio [Domingo] Cavallo se mostró alegre porque se importan computadoras, hechas ciento por ciento afuera por los países que crecen, mientras aquí se acentúa el estancamiento.

¿Qué medió entre las dos Argentinas de los post-ochenta? ¿Por qué senderos transitó la política científica argentina durante el convulsionado siglo que separa a los dos *Domingos*?

Desde el prólogo de *Disparen contra la ciencia...* los autores refuerzan el carácter opinativo que anticipa, sin rodeos, el título. En el relato de los grandes casos de la política científica, como la crotoxina o el misil Cóndor, tanto como en la reconstrucción de los *modelos históricos* de "la Argentina ilustrada al triunfo de la barbarie", los autores desarrollan un discurso programático, con un énfasis asertorio, que toma partido por una de las posiciones a la que suponen cierta.

El libro propone una elección (como programa de política científica), y el modelo que los autores eligen es el de *la Argentina ilustrada* concebida por los prohombres decimonónicos. ¿Pero es posible recrear ese modelo dentro de las formas que fue asumiendo la estructura socioeconómica del país durante este siglo? ¿Acaso el drama científico argentino no presenta congruencias solidarias con el modelo de país y con el desarrollo histórico de los sujetos colectivos que lo protagonizaron? ¿Puede la ciencia tener un devenir ahistórico, o su formación es inherente a un modelo de sociedad?

Periodistas de profesión, Núñez y Orione renuncian a la pretensión de objetividad que estructura al discurso de la prensa diaria, para adentrarse en un terreno surcado por polémicas, desencuentros y revanchismos políticos. Sin embargo, la huella periodística está presente en el libro, de indudable valor para el debate del cuerpo de investigadores y educadores. Así es como, en la primera parte del trabajo, los argumentos en contra de la destrucción del *proyecto científico argentino* se enriquecen con la presentación de casos ejemplares. La *caso-ística*, esa pasión del universo informativo por representar la

realidad mediante casos que se transforman en moralejas, es el hilo conductor de la presentación, por parte de los autores, de la gestión científica del actual gobierno justicialista: la crotoxina, el Cóndor II, las centrales nucleares.

La lectura de la primera parte del libro revela la intención de discutir sobre modelos e ideas, antes que sobre proyectos concretos en los que se materializa la política científica. Desde los primeros párrafos los autores se ciñen a los alcances de un discurso asertorio. Según Emile Benveniste, la aserción

[...] apunta a comunicar una certidumbre, es la manifestación más común del locutor en la enunciación, hasta tiene instrumentos específicos que la expresan o implican, las palabras sí o no, que asertan positiva o negativamente una proposición [...].¹

Con énfasis asertorio, entonces, Núñez y Orione se ocupan del *final* de la historia científica argentina, que es el presente (pero que es final en el sentido terminal, liquidador, para los autores) del gobierno justicialista. Condenan las simpatías del ex secretario de Ciencia y Técnica de la Nación, Raúl Matera, por varios académicos *procesistas*, a quienes transformaría en funcionarios al tiempo que rescindiría contratos de científicos de larga trayectoria. Los autores formulan sobre esos funcionarios una sentencia ideológica.

Para ello, son reconstruidos los *curricula* (a la manera de pronuarios) de los arquetipos de la ciencia de facción presentes en la gestión Matera. Al optar por este camino, muchos de los argumentos de los autores refieren a la historia de las ideas de los protagonistas del "drama científico nacional", antes que a las políticas (o la falta de políticas) científicas, que fueron (son) el guión con el que fue (es) escrito ese drama.

La partidización de la Argentina científica -la ciencia de facción- no es ajena a la tradición discursiva presente en el libro. Al igual que la partidización de la Argentina universitaria -la universidad de facción-, la ciencia de facción surge como fenómeno excluyente (y, en algunos centros, inédito) a partir de 1983, después de la desarticulación de las instituciones científico-académicas tradicionales -las universidades- operada en el post 66 y, con sistematicidad, en el post 74.

¹ Benveniste, E., *Problemas de lingüística general*, II, México, Siglo xxi, 1985, p. 87.

En la ciencia de facción es más importante la pertenencia o filiación que las habilidades, capacidades y antecedentes. El revanchismo político es la metodología de gestión dominante:

[...] prácticamente todo lo que fue impulsado y sometido a una valoración favorable en el ámbito científico y tecnológico durante la administración radical pareció convertirse en algo execrable o en un desmérito durante la gestión de Raúl Matera,

afirman los autores. Pero ¿acaso el descalificar *prima facie* cualquier iniciativa de Matera por su filiación autoritaria no responde a su misma lógica de gestión al frente de la SECYT (la marginación de investigadores "marxistas, neomarxistas, positivistas, gramscianos o adeptos a la Escuela de Frankfurt")?

La segunda parte del libro (*De la Argentina ilustrada al triunfo de la barbarie*) es una pesquisa. En estas páginas, los autores desarrollan, a la par que el relato de un siglo de ciencia en la Argentina (1880-1980), la búsqueda de explicaciones de una pérdida de sentido. En los dichos y, en menor medida, en los hechos de ese siglo entre los dos Domingos (Sarmiento y Cavallo), se intenta reconstruir las razones del fracaso del proyecto científico enhebrado por Sarmiento, del estado como promotor científico, como importador de cerebros, y de la mutación del país, devenido en expulsor. De la recepción de recursos a la tierra de la *desinmigración*.

En este capítulo, los autores hacen explícita su intención: la pérdida de sentido se materializó como la *destrucción del proyecto científico argentino*, por lo que es necesario hallar responsabilidades. El discurso programático y el de facción tienen puntos de encuentro. Hay una realidad que no coincide con el modelo ideal. La responsabilidad recae sobre un gobierno que -y en esto el gobierno es intérprete del sentir de los sectores sociales directamente beneficiados con su modelo- no encuentra razones para fomentar el proyecto científico caído en desgracia junto con el imaginario desarrollista.

La caducidad de ese imaginario *cepalino*, la tensión creada por la dependencia económica del país, la desindustrialización operada desde mediados de los setenta y la autonomía del crecimiento de la renta de las clases dirigentes respecto del desarrollo científico-tecnológico, conducen a un interrogante: ¿puede la Argentina periférica de finales de siglo consolidar un sistema científico independiente?, ¿pueden recuperarse las pretensiones sarmientinas cien años más tarde?, ¿más allá de las voluntades, existen las mismas condiciones materiales?

La madurez institucional y la continuidad democrática en el interior de los centros de educación superior logró consolidar durante el desarrollismo al *único* período "[...] durante el cual la ciencia argentina alcanzó una cierta estabilidad y un desarrollo relativamente apropiado a las necesidades del país". Paradójicamente, durante esa década *de oro* de la ciencia y de la universidad (1955-1966) el sistema de gobierno nacional marginó a la expresión política mayoritaria.

El desarrollo fue interrumpido: la "noche de los bastones largos" extendió el certificado de país expulsor a la Argentina. La recuperación del sistema constitucional, en 1983, no alcanzó a recomponer todo lo que fue destruido o disperso, observan los autores, respondiendo algunas de las preguntas hechas anteriormente.

En la tercera y última parte del libro, Núñez y Orione interrogan a Enrique Oteiza, Carlos Girotti, Mario Albornoz, Patricio Garrahan y Gregorio Klimovsky sobre otros posibles desenlaces de un proyecto que tuvo su apogeo con la obtención de tres premios Nobel en ciencias, pero que fue transformado en drama histórico y social.

El abanico de argumentos de los entrevistados enriquece el libro: en muchos casos, las respuestas contradicen las hipótesis fundantes del discurso asertorio de Núñez y Orione. Con ello, *Disparen contra la ciencia...* no oculta su intención polémica y reconoce otras voces, requisito básico de todo debate.

Martín Becerra

Neoliberalismo yseudociencia, Ricardo Gómez, Buenos Aires, Lugar Editorial, 1995, 212 páginas

El libro de Ricardo Gómez muestra cómo ciertas filosofías son funcionales para operar la legitimación de una determinada concepción político-económica, presentándola como científica y, por lo tanto, de aplicación única a cualquier contexto social, más allá de las particularidades que éste exhiba. Específicamente, se trata en este libro de la legitimación de las políticas neoliberales dominantes por la concepción de la ciencia de Karl Popper, en general, y por las tesis de Popper-Hayek respecto de la sociedad, la economía y la política, en particular.

Para desmontar la equivalencia entre racionalidad científica y política económica neoliberal, Gómez presenta sus argumentos, con detalle y valor didáctico, en un recorrido que divide al libro en dos partes.

En la primera analiza la estructura, el método, el criterio de demarcación, el objetivo y la forma de desarrollo histórico del conocimiento científico según Popper. Este recorrido crítico-interno le permite concluir en lo insatisfactorio de tal visión del conocimiento científico. En palabras del autor:

[...] sus propias pautas de científicidad [las dadas por Popper] resultan inválidas, porque son tales pautas las que presentan problemas insolubles desde dentro de la tradición a la que pertenecen.

En la segunda, presenta la concepción de Popper acerca de las ciencias sociales. Los puntos que jalonan esta sección están tomados de los tres momentos más relevantes en que Popper se ocupó de las mismas. Así, el autor discute las críticas de Popper sobre Marx, la concepción popperiana de las ciencias sociales, su polémica metodológica con Adorno, las tesis de Popper-Hayek sobre la economía y los supuestos definitorios del neoliberalismo.

Una de las más relevantes limitaciones de la filosofía de las ciencias de Popper, por el impacto que posee en su propuesta del modo en que funcionan las ciencias sociales, se evidencia en su concepción de la racionalidad científica como racionalidad instrumental. Para Popper la ciencia es racional por el modo en que progresa, y el motor de este progreso está dado por la operación del método crítico -de conjeturas y refutaciones- que permite a las teorías alcanzar su objetivo: incrementar el grado de verosimilitud. El método crítico, cuyo núcleo lógico opera con argumentos deductivos, confiere racionalidad a la ciencia en la medida en que se presenta como el instrumento por medio del cual la ciencia se aproxima a la verdad objetiva -su valor máximo-. Según Gómez,

[...] es epistemológicamente ingenuo e históricamente falso hacer de la verdad el único objetivo de la actividad científica; sólo puede en principio hacerlo si se elimina toda la dimensión práctica de la actividad científica. Además tal postulación olvida el carácter relativo de la distinción medios-fines. Ambos conceptos, medios y fines, no son absolutos, sino relativos a un determinado esquema de perspectiva de análisis.

Por otro lado, es desde la posición misma de Popper que no puede alcanzarse una teoría de la racionalidad de los fines puramente

epistémica, como él pretende. Los argumentos del autor, en este punto, se dirigen a lo siguiente: la consideración de los fines u objetivos requieren la discusión de juicios de valor. A diferencia de los juicios instrumentales de valor, que establecen la adecuación de cierto tipo de acción para alcanzar determinados fines, los juicios categóricos de valor proponen objetivos a alcanzar. De modo que,

[...] sólo los juicios instrumentales de valor pueden ser dirimidos a través del método científico que involucra el testeo empírico, no así los juicios categóricos de valor porque ellos no son clasificables en verdaderos o falsos; ellos siempre expresan un standard de evaluación, una norma.

La racionalidad popperiana muestra sus propios límites internos:

[...] como el único standard de la misma es el método crítico, y éste es totalmente elucidable en términos de la lógica de los enunciados declarativos siempre susceptibles de ser clasificados, en principio, en verdaderos o falsos, tal standard es incapaz de elucidar juicios categóricos de valor. No es pues una restricción de hecho, sino *de jure*, lo que hace aún más fuerte su limitación.

Las ciencias sociales para Popper comparten un mismo método, que resulta de una especificación del método de conjeturas y refutaciones. Se trata del método de la lógica situacional, apoyado por la tecnología social fragmentaria y la ingeniería social.

La operación del principio de racionalidad en el interior de cómo Popper especifica la lógica o análisis situacional genera problemas sin resolución desde su perspectiva. Por un lado, Popper considera que el principio de racionalidad -los agentes siempre actúan apropiadamente a la situación- es el núcleo necesario de su propuesta para construir explicaciones científico-sociales. En tanto es el núcleo de estas últimas, ha de ser falseable; de lo contrario no podríamos demarcar las explicaciones que lo utilizan de las explicaciones metafísicas. Sin embargo, como señala Gómez, Popper coloca a las explicaciones en ciencias sociales como casos particulares de explicaciones metafísicas. Esto es porque:

[...] la falsación de una teoría que lo utilice no lo falsea, pues la falsación de tal teoría sólo significa que hemos especificado erróneamente la situación, o sea, que hemos atribuido erróneamente a los individuos las preferencias o restricciones.

Por otro lado, también estamos impedidos de considerarlo como un principio meramente metodológico, que ha demostrado utilidad en su aplicación a diferentes casos, ya que esto último refiere a un argumento inductivo, que Popper rechaza de plano. Este conjunto de consideraciones acarrear graves problemas para el testeo empírico en ciencias sociales. Por lo tanto, "no parece haber respuesta convincente a la pregunta acerca de cuándo deberíamos aceptar o rechazar a una teoría que usa del principio de racionalidad".

Es conocido el debate que Popper bajo el lema *razón o revolución* mantuvo con los miembros de la escuela de Frankfurt, especialmente con Adorno. Durante el mismo, no sólo Popper sostiene que la sociología no tiene por objeto la crítica de la sociedad misma, sino que también consideró que las revoluciones sociales, en tanto cambios drásticos de las instituciones establecidas, son irracionales.

En palabras de Ricardo Gómez,

[...] esta extrema, extraña y poco creíble tesis es un corolario de todo el planteo popperiano de la racionalidad científica. Si la racionalidad misma es meramente instrumental, si tal instrumento es el método crítico, si tal método crítico se manifiesta en las ciencias sociales en la triología lógica situacional, tecnología fragmentaria e ingeniería social, y si tal tecnología fragmentaria involucra, como el método crítico mismo de conjeturas y refutaciones, un gradualismo sin rupturas, entonces toda ruptura relevante en el plano político social y por tanto, toda revolución político-social, viola los cánones de la racionalidad popperiana. Es decir, deviene irracional.

Los fragmentos presentados, en conexión con el problema de la racionalidad desde la perspectiva popperiana, muestran algunos indicios que le permiten al autor tematizar a esta última como meramente instrumental, ahistórica y explícitamente imputada. A su vez, abren un conjunto de cuestiones vinculadas a la necesidad de elaborar un concepto de racionalidad que incluya tanto los aspectos cognitivos como los prácticos - la racionalidad de los fines-. De modo que sea posible, no sólo ganar profundidad en la explicación del conocimiento científico, sino también avanzar en la comprensión de la sociedad, de las formas racionales de su desarrollo y de la acción social misma.

En fin, para un contexto académico como el nuestro, en donde la filosofía de Popper tuvo amplia aceptación y difusión, éste es sin duda un libro que promoverá el debate y la polémica.

Diego Lawler

Ciencia, tecnología y sociedad. Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública, Manuel Medina y José Sanmartín (eds.), Barcelona, Anthropos, 1990, 222 páginas

El conjunto de trabajos que integran esta compilación es el resultado de las Jornadas sobre Tecnología, Ciencia, Sociedad y Gestión Pública, celebradas en Valencia, España, en junio de 1989. Dar a conocer los programas *Science, Technology and Society* (STS) de los Estados Unidos y presentar y discutir el programa Tecnología, Ciencia, Naturaleza y Sociedad (TECNAS) del Instituto de Investigaciones sobre Ciencia y Tecnología (INVESCIT), fueron los objetivos fundamentales de dichas Jornadas. Pero el libro trasciende esos objetivos y ofrece artículos que incitan a la reflexión teórica, educativa y política sobre el actual desarrollo tecnocientífico, reflexión hoy por demás necesaria tanto para la gestión pública como para la acción social en el contexto de la tecnociencia contemporánea.

Carl Mitcham, autor del conocido libro *¿Qué es la filosofía de la tecnología?*, "abre" conceptualmente la compilación trazando una historia -hasta llegar al actual estado del arte- de la relación entre ciencia, tecnología y sociedad. Los estudios STS constituyen, según su opinión, una nueva manera de entender dicha relación. La visión antigua sobre la ciencia, la tecnología y la sociedad separaba radicalmente la ciencia de la tecnología y veía a ambas "controladas" (guiadas) por la "política" o por la "religión". Por su parte, la visión moderna "acercaba" la ciencia a la tecnología y las separaba del control político o religioso. Los estudios STS proponen, contrariamente a los antecedentes premodernos y modernos, una comprensión holística de la interrelación entre ciencia y tecnología: el objetivo es conjugar las *fuerzas centrífugas y centrípetas* hacia una nueva unidad de la ciencia y la tecnología, y hacia la elección de "mejores" alternativas de análisis de las influencias sociales sobre el complejo científico-tecnológico. En su artículo, Mitcham pone en relación la historia de los estudios STS en los Estados Unidos con los programas *Science, Technology and Public Policy* (STPP) de la década del cincuenta, y con los movimientos de crítica social y política de la ciencia y la tecnología de fines de los años sesenta. Los programas STPP de la segunda posguerra aparecerían como la "culminación" del proceso de instituciona-

lización de la ciencia moderna puesto que toman en consideración el problema de la complejidad de la interacción entre la actividad científica contemporánea y las relaciones gubernamentales y sociales. Mientras que los programas STS responderían a los movimientos sociales que manifestaron su preocupación por la dirección que estaba experimentando el cambio tecnológico. En este contexto, los estudios STS comenzaron a analizar la producción científico-tecnológica como parte de los procesos sociales. Mitcham sostiene que los estudios STS constituyen un elemento fundamental para descubrir las dependencias e interdependencias que existen entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Esto requiere que las consecuencias del desarrollo científico-tecnológico no se "manejen desde arriba" sino que se debe redefinir, "democráticamente y desde abajo", el carácter de la relación ciencia, tecnología y sociedad. Para él, en dicha redefinición la democracia no es una opción sino una necesidad.

Puesto que la preocupación planteada por Carl Mitcham -acerca de la necesidad de un mayor control social y político (democrático) sobre la ciencia y la tecnología- recorre como idea fuerza la casi totalidad del libro, resulta conveniente adelantar una pregunta: el control público sobre la ciencia y la tecnología ¿puede llevarse a cabo con los mecanismos de la democracia liberal?

El artículo de Stephen Cutcliffe es el que intenta avanzar en la fundamentación del planteo esbozado por Mitcham. Retoma la idea de que los estudios STS interpretan la ciencia y la tecnología como complejas empresas que guardan una estrecha relación con los valores culturales, políticos y económicos. Por ello, el STS puede aportar mucho al análisis de cuáles serían los mecanismos más apropiados para poder ejercer un control social y político más fuerte y deliberado sobre la ciencia y la tecnología. Tras un sucinto recorrido por la historia de los programas interdisciplinarios STS y de las sociedades profesionales y las revistas surgidas en torno a los mismos, Cutcliffe realza el papel que jugaron y juegan los movimientos sociales contestatarios que crearon sus propias asociaciones y revistas donde debatían y debaten las cuestiones relativas a la relación entre ciencia, tecnología y sociedad. Las posiciones adoptadas por estos movimientos -asociadas a problemáticas referidas al medio ambiente y al riesgo tecnológico- resultan ser generalmente críticas respecto de las consecuencias sociales de la ciencia y la tecnología. Para poder explicar la ciencia, la tecnología y sus relaciones sociales, el campo interdisciplinar STS debe tender, entonces, a la comprensión de los fenómenos científicos y tecnológicos como procesos sociales. Sólo así se podrá alcanzar la "alfabetización

en ciencia y tecnología" para que, mediante un consciente control público (democrático), los descubrimientos científicos y tecnológicos beneficien verdaderamente a la humanidad.

Langdon Winner, el autor de *La ballena y el reactor*, representa con su artículo la posición más fuerte del pesimismo tecnológico con características románticas. Frente a lo que él denomina las "imágenes autoritarias y responsables" de la ciencia y la tecnología -defensoras del Mito del Progreso Ilimitado- los estudios STS deben plantear las consecuencias socio-ambientales de la evolución del conocimiento científico y sus aplicaciones tecnológicas. De esta manera, la "alfabetización en ciencia y tecnología" puede conducir a cambios sustanciales en la política social, en la investigación y desarrollo, en la educación, en los medios de comunicación y en el discurso público, posibilitando la puesta en discusión sobre la necesidad de establecer ciertos límites al crecimiento regido por el imperativo tecnológico.

La idea de "alfabetización en ciencia y tecnología" atraviesa todos los artículos de la compilación, pero aparece con mucha más fuerza en los que tratan el tema de la educación en ciencia, tecnología y sociedad en todos los niveles de la enseñanza. El objetivo es reflexionar acerca de la capacitación de los ciudadanos para que participen en el proceso democrático de toma de decisiones en cuanto a los problemas científico-tecnológicos que la moderna sociedad industrial conlleva.

En dicho contexto, el trabajo de Leonard Waks sugiere que la educación STS es *vital* para la participación ciudadana, ya que el dominio de la agenda pública por los temas tecnológicos coloca las decisiones fundamentales en manos de la élite tecnocrática, generándose de esta manera una *crisis de la democracia*. Waks detalla críticamente algunas propuestas de formas de participación y ofrece cuatro ejes de discusión para una reforma educativa de los estudios STS que permita promover la participación democrática ciudadana: unidades y módulos del curriculum, reestructuración del curriculum, análisis crítico radical y STS y desescolarización. Incluye, además, un anexo con los casos de Gran Bretaña, Holanda y Canadá.

En la misma dirección y sentido se encuentran los artículos de Paul Durbin y de Richard Worthington, al igual que el trabajo de Javier Gómez Ferri y Juan F. Ilerbaig Adell para el caso de España. Durbin se refiere a los programas de Ciencia, Tecnología y Gestión Pública (STPP) en los Estados Unidos, detallando tres que él considera ejemplares. Por su parte, Worthington explica las características fundamentales (incluyendo el Plan de Estudios y la admisión y salida laboral de los estudiantes) del Programa de Doctorado en Estudios sobre

Ciencia y Tecnología del *Rensselaer Polytechnic Institute*. El trabajo de Margarita Peña Borrero sobre "Los estudios de ciencia, tecnología y sociedad en el contexto latinoamericano" no aporta absolutamente nada para la discusión.

Manuel Medina y José Sanmartín, los editores del libro, partiendo de la vieja controversia epistemológica entre "internalismo" y "externalismo" en los estudios de filosofía de la ciencia, toman partido por este último y presentan, en su artículo en colaboración, el programa Tecnología, Ciencia, Naturaleza y Sociedad (TECNAS) del Instituto de Investigaciones sobre Ciencia y Tecnología (INVESCIT). Explicitan la estructura del mismo como un programa interdisciplinario que tiene como objetivo elaborar un planteo teórico-práctico global y unificado que permita dominar social y culturalmente la investigación y el desarrollo tecnocientífico actualmente "a la deriva". Esta idea de que la ciencia y la tecnología han escapado a nuestro control es reforzada por sendos trabajos de Medina y Sanmartín. "La filosofía de la tecnocracia" de Manuel Medina y "La ciencia descubre. La industria aplica. El hombre se conforma". "Imperativo tecnológico y diseño social", de José Sanmartín, es un *canto* al romanticismo tecnológico y a una democracia sólo ubicable en el mundo de las ideas de Platón que, por otra parte y como es de público conocimiento, no existe.

La crítica romántico-pesimista al desarrollo tecnocientífico contemporáneo, por un lado, y la fetichización de la "alfabetización en ciencia y tecnología", por otro, convergen en la idea-propuesta que rige la presente compilación sobre el problema de la relación entre ciencia, tecnología y sociedad, a saber: ecologizar el capitalismo.

Eduardo E. Glavich

