

Número 17 - Volumen 8 - Buenos Aires - Junio de 2001 - ISSN: 0328-3186

REDES 17 revista de estudios sociales de la ciencia

**Estilos de vinculación, procesos de
innovación y tecnologías de gestión social**

**La cooperación en ciencia y tecnología
de Argentina con los países del Mercosur**

Redes tecno-económicas e irreversibilidad

**La red de innovaciones en la investigación
genómica en los Estados Unidos**

**Interacciones en innovación y desarrollo
en el SNI de Alemania**

Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología





REDES 17
revista de estudios sociales de la ciencia

INSTITUTO DE ESTUDIOS SOCIALES
DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA



Vol. VIII, N° 17, Buenos Aires, junio de 2001

Redes, Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, es una publicación cuatrimestral de la Universidad Nacional de Quilmes, cuya dirección y edición está a cargo del Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología. La revista está dirigida a profesionales, especialistas del campo, universitarios preocupados por el desarrollo científico y tecnológico, a los tomadores de decisiones del área, y tiene como objetivo convertirse en un espacio de difusión de estudios interdisciplinarios que profundicen en las relaciones existentes entre la ciencia, la tecnología y las distintas actividades económicas, políticas y sociales. De esta manera, *Redes* pretende contribuir al desarrollo de las sociedades iberoamericanas, a la búsqueda de identidades individuales y colectivas, y a la toma de decisiones políticas, aportando al proceso de creación y difusión de conocimientos. *Redes* puede ser consultada a través de internet en la página web de la base de datos Latbook, de libros y revistas argentinas en internet (<http://www.latbook.com>). □ *Redes*, Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología Av. Rivadavia 2358, 6to derecha. (1034) Ciudad de Buenos Aires. E-mail: redes@ricyt.edu.ar

UNIVERSIDAD NACIONAL DE QUILMES

Rector

Julio M. Villar

Vicerrector de Gestión y Planeamiento

Mario Greco

Vicerrector de Asuntos Académicos

Alejandro Villar

Vicerrector de Investigaciones

Julián Echave

Vicerrector de Posgrado

Daniel Gomez

Vicerrector de Relaciones Institucionales

Ernesto López

Roque Sáenz Peña 180
Bernal (B1876BXD)
Provincia de Buenos Aires
República Argentina
Tel. (54-11) 4365-7184
<http://www.unq.edu.ar>

INSTITUTO DE ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Director

Mario Albornoz

Av. Rivadavia 2358, 6º piso, der.
C. P. 1034, Capital Federal
República Argentina
Tel.(54-11) 4951-8221 /2431
e-mail: redes@ricyt.edu.ar

REDES

Revista de Estudios Sociales de la Ciencia. Vol. VIII, Nº 17, Buenos Aires, junio de 2001

Director

Mario Albornoz

Consejo editorial

Carlos Correa (UBA-CEA)
 Renato Dagnino (UNICAMP-Brasil)
 Pablo Jacovkis (UBA-FCEN)
 Pablo Kreimer (UBA-CONICET)
 Iván Lavados (CINDA-Chile)
 Gustavo Lugones (UNQ)
 Jacques Marcovitch (USP-Brasil)
 Eduardo Martínez (Unesco)
 Carlos Martínez Vidal (ADEST)
 Leonardo Moledo (IEC-Planetario Ciudad de Buenos Aires)
 Enrique Oteiza (UBA-IGG)
 Juan Pasquini (UBA-FFyB)
 Carlos Prego (UNLAP)
 Jean-Jacques Salomon (CNAM-Francia)
 Jesús Sebastián (CINDOC-España)
 Félix Schuster (UBA-FFyL)
 Leonardo Vaccarezza (UNQ)
 Hebe Vessuri (IVIC-Venezuela)

Secretario editorial

Alfonso Buch

Secretario editorial adjunto

Juan Pablo Zabala

Diseño original

Ronald Smirnoff

Producción editorial

Universidad Nacional de Quilmes - Ediciones

Editorial	5
Abstracts	7
Perspectivas	
Estilos de vinculación, procesos de innovación y tecnologías de gestión social en una trama productiva del complejo automotriz argentino <i>Gabriel Yoguel, Marta Novick, Anabel Marín</i>	11
La cooperación en ciencia y tecnología de Argentina con los países del Mercosur <i>Manuel Marí, María Elina Estébanez, Daniel Suárez</i>	59
Dossier	
Redes tecno-económicas e irreversibilidad <i>Michel Callon</i>	83
Notas de Investigación	
La red de innovaciones en la investigación genómica en los Estados Unidos <i>Maria Ester Dal Poz, Sandra de Negraes Brisolla</i>	127
Tomando la cooperación en serio: Interacciones en Innovación y Desarrollo en el Sistema Nacional de Innovaciones de Alemania <i>Andreas Stamm</i>	151
Comentarios bibliográficos	173
Informaciones	183



Este número de *REDES* contiene cinco trabajos. El artículo “Estilos de vinculación, procesos de innovación y tecnologías de gestión social en una trama productiva del complejo automotriz argentino” se inserta en un debate internacional sobre las nuevas formas de organización de los procesos productivos, que han puesto en cuestión una cierta concepción clásica sobre la competitividad. La misma ya no puede ser comprendida como resultado macroeconómico y sectorial de empresas aisladas, sino que debe ser estudiada a partir de procesos interactivos especialmente vinculados a los procesos de innovación. De tal modo el artículo constituye una doble aproximación, teórica y empírica, al concepto de “trama productiva”, considerándolo a partir de tres dimensiones básicas: los estilos de vinculación, las actividades innovativas y la tecnología de gestión social. En base a este análisis Yoguel, Novick y Marín estudian el modo en que estas dimensiones se reflejan en una muestra de proveedores de la Volkswagen en la Argentina, inscribiendo el trabajo en la tradición de estudios sobre el sector autopartista argentino. El artículo enfatiza el carácter sistémico del fenómeno de la competitividad.

Los estudios de la economía de innovación han destacado el carácter sistémico de los procesos de innovación tecnológica. Es en este contexto que ha sido creado el concepto de Sistema Nacional de Innovación, intentando dar cuenta de la multiplicidad de factores que contribuyen, en un territorio nacional determinado, a la generación de innovaciones, tanto sea en el terreno de los procesos como de los productos. Es en este contexto teórico que Andreas Stamm analiza el Sistema Nacional de Innovación alemán, destacando sus fortalezas, pero enfatizando diversos mecanismos que dificultan los mecanismos de cooperación entre los distintos componentes del sistema. De tal modo, por ejemplo, se destacan las dificultades que encuentran las vinculaciones entre empresas privadas e institutos de investigación públicos. Es así como Stamm cuestiona la relevancia que podrían tener este tipo de actividades de cooperación en el contexto alemán.

Este tipo de relaciones entre instituciones públicas y privadas son

analizadas en el trabajo "La red de innovaciones en la investigación genómica en los Estados Unidos". En este artículo Dal Poz y Brisolla analizan la red de innovaciones generadas por la investigación genómica en Estados Unidos bajo una perspectiva también sistémica, pero comprometidos con el modelo de la "triple hélice". Las múltiples relaciones que se han establecido en este terreno son a juicio de los autores un modo de resolver tres características fundamentales de la investigación genómica: el alto costo de la investigación, la exigencia de una integración de los recursos humanos de alto nivel en muchas áreas de conocimiento y el enorme volumen de trabajo implicado en el secuenciamiento, mapeo y determinación de la función de los genes.

Por su parte, Marí, Estébanez y Suárez realizan un diagnóstico de las actividades de cooperación científica y tecnológica entre la Argentina y los países del Mercosur, con el propósito de identificar el tipo de actividades que se están desarrollando efectivamente. Este trabajo sobre la Argentina forma parte de una investigación más amplia realizada en todos los países de la región, donde se explora el origen y la extensión del fenómeno de cooperación científica y tecnológica, las modalidades en que se manifiesta y los factores que han favorecido o dificultado estas acciones, en particular el papel de los instrumentos públicos de promoción en estos resultados.

Finalmente, un artículo de Michel Callon sobre las redes socio-técnicas constituye el *Dossier* de este número. El conocido investigador francés propone un análisis de la ciencia y la tecnología a partir de la noción de Red Tecno-económica, entendida como un conjunto coordinado de actores heterogéneos (que incluye humanos y no-humanos). A partir de este concepto, en una primera parte del artículo se desarrollan las nociones de intermediario, actor y traducción, consideradas como herramientas de análisis apropiadas para comprender y describir los mecanismos por los cuales se ponen en relación actividades heterogéneas. En la segunda parte del artículo se muestra cómo se establecen y evolucionan las redes: las dos nociones centrales aquí son la de convergencia y la de irreversibilización, fundamentales para dar cuenta de la construcción y la evolución de las relaciones entre elementos en principio inconmensurables. En una tercera parte se analiza la dinámica de las RTE, poniendo en evidencia la diversidad de trayectorias posibles. A su vez se presentan las herramientas (cualitativas o cuantitativas) utilizadas para describir y analizar las redes. □

LOS EDITORES

Modes of connection, innovation processes and social management technologies in a production network of the Argentinean automotive complex

Gabriel Yoguel, Marta Novick and Anabel Marín

This paper takes part in the international debate regarding the new organizational forms of productive processes, which become more sophisticated with the arising of new intensive techno –organizational paradigms. Those paradigms equate the development of globalisation processes and open regionalism. A result of these transformations is that the concept of competitiveness as a phenomenon of exclusive macroeconomics and sectorial nature undergo a crisis. Competitiveness arises as a systemic phenomenon. That is to say that the effectiveness of the response goes beyond the activities of the isolated firm. In this context, the object of this paper is to perform a theoretical and methodological approach of the concept of productive network from the analysis of three different standpoints: the styles of connection among the agents, the innovative activities and the technology of social management. From the standpoint of this analysis the way in which these factors are reflected in a panel of suppliers of Volkswagen Argentina is studied.

Keywords: globalization; competitiveness; productive network; innovation.

Argentina's Scientific and Technological Cooperation at Mercosur

Manuel Marí, María Elina Estébanez and Daniel Suárez

Scientific and technological activities are especially relevant at Mercosur cooperation process. The main objective of a recent survey made in all countries that belong to Mercosur showed the type of activities that are now taking part in the region. This article is based in the Argentine case. It explores the origins and extension of the phenomena of scientific and technological cooperation, the related activities that arise in the process, and the factors that operate against and in favour of a better cooperation among the countries, particularly, the role of public policies.

Keywords: scientific cooperation; public policies; Mercosur.

Techno-economical networks and non-reversibility

Michel Callon

This paper presents an analysis of the behavior of science and technology from the standpoint of the concept of techno-economical network, understood as a

coordinated set of heterogeneous factors (including both human and non-human actors). In the first part of the paper are developed the concepts of mediator, actor and translation as analysis tools suited to both understand and describe the mechanics by means of which diverse activities become related. In the second part of the article the way in which networks are established and evolve are shown: the two core notions here are convergence and non reversibility, both notions are basic in order to render an account of the building and evolution of the relations between elements, which in principle are non-measurable. In yet a third part the dynamics of the techno-economical networks is analyzed, evidencing the diversity of possible courses. Additionally, both qualitative and quantitative tools used to describe and analyze networks are described.

Innovation network in research in genomics in the USA

Maria Ester Dal Poz and Sandra de Negraes Brisolla

In this paper the organization of the research network in genomics in the USA as well as the ability of it to produce innovations in the pharmaceutical, food and agricultural sectors are analyzed. This field of research has particular organizational characteristics due to the set of factors absolute necessary for the development of it: high costs of research, requirement for integration of highly qualified human resources in many fields of knowledge and intensive scientific work. The outlining of these problems call for the need of negotiations among universities, firms and government, such as, as a result of initiatives among these three institutions, both research institutions as industrial enterprises are led to introduce innovations. This process involves many different dynamics, in the fields of knowledge production, market as well as in the resulting forces from interaction between those two. The methodological approach, which gave origin to the analysis from these three standpoints, is provided by the concepts developed in the Triple Helix Model (Etzkowitz and Leydesdorff, 1996). The pattern of integration among the different components of the network includes multiple forms of connection and institutional cooperation. The use of approach techniques included as well the common use of additional resources, such as databases and laboratories. The dynamics of production of knowledge and market dynamics are set and co-ordinated by means of legal instruments.

Keywords: scientific research organization; genomic research; knowledge production; institutional cooperation.

Taking Cooperacion Seriously: Interactions in Innovation and Development in the National System of Innovation in Germany

Andreas Stamm

In the recent years, networks of cooperation among the different actors of National Systems of Innovation (NSI) and its territorial expression (clusters) has become one of the focus of research on technological innovation. The systemic approach to the networks allows leaving aside any monocausal or lineal explanation of innovation. Those approaches are not suitable tools to under-

stand the growing complexity of technological advances. On the other hand, there is not enough empirical research to help better understand the real importance and precise role of interaction networks in the framework of a NSI. This paper takes the case of Germany as a starting point. The author submits evidence indicating that the three key elements explaining the still advantageous position of Germany in the global race for innovation are: a strong base of innovative enterprises, differentiated technical training of the highest level, as well as applied research adjusted to the needs of the private sector. These three elements have come to build along many decades the core of German industrial system. Cooperation in R&D *strictu sensu*, as a set of interactions among enterprises and between enterprises and institutions, is far from being a common phenomenon. This keeps being just a function, complementary to the own innovative efforts from the firms, being just one among many other options available to the enterprises in order to get external supply of technological knowledge.

Keywords: German NSI; R&D; technological innovation; cooperation; innovative enterprises. □



Estilos de vinculación, procesos de innovación y tecnologías de gestión social en una trama productiva del complejo automotriz argentino¹

Gabriel Yoguel*, Marta Novick**, Anabel Marín***

Este artículo se inserta en el debate internacional referido a las nuevas formas de organización de los procesos productivos, de mayor complejidad a partir de la emergencia de nuevos paradigmas tecnorganizacionales intensivos en información que catalizan el desarrollo de los procesos de globalización y de regionalismo abierto. Estas transformaciones han puesto en crisis la concepción de la competitividad como un fenómeno de naturaleza exclusivamente macroeconómica y sectorial. La competitividad emerge como un fenómeno sistémico. Es decir que la efectividad de las respuestas va más allá de las actividades efectuadas por una empresa aislada. En este contexto, el objetivo de este trabajo es efectuar un abordaje teórico metodológico del concepto de trama productiva a partir del análisis de tres planos distintos: los estilos de vinculación entre los agentes, las actividades innovativas y la tecnología de gestión social. A partir de este análisis se estudia el modo en que estos factores se ven reflejados en un panel de proveedores de la firma Volkswagen en Argentina.

Palabras clave: globalización; competitividad; cadena productiva; innovación tecnológica.

1. Introducción

Este artículo se inserta en el debate internacional referido a las nuevas formas de organización de los procesos productivos, de mayor complejidad a partir de la emergencia de nuevos paradigmas tecnorganizacionales intensivos en información que catalizan el desarrollo de los procesos de globalización y de regionalismo abierto. Estas transformaciones han puesto en crisis la concepción de la competitividad como un fenómeno de naturaleza exclusivamente macroeconómica y sectorial, y determinada por ventajas comparadas estáticas o por la dotación factorial.

¹ Una versión preliminar de este trabajo fue publicado en *Danish Research Unit Industrial Dynamics*, Electronic Papers, octubre 2000.

* Investigador docente del Instituto de Industria de la Universidad Nacional de General Sarmiento.

** Investigadora del CONICET en el Instituto de Industria de la Universidad Nacional de General Sarmiento.

*** Investigadora docente en el Instituto de Industria de la Universidad Nacional de General Sarmiento.

Asimismo, la volatilidad de la demanda, la segmentación de los mercados, el acortamiento del ciclo de vida de los productos, las incertidumbres estratégicas asociadas al nuevo escenario mundial, y la posibilidad de combinar economías de escala y de variedad, han implicado un considerable aumento de la presión competitiva que deben enfrentar los agentes económicos. A los tradicionales factores macroeconómicos y sectoriales que constituían los elementos claves de la competitividad en el anterior escenario, se agregan elementos que dependen del grado de desarrollo del ambiente local, de la formación de redes y de la conducta de los agentes.

La competitividad emerge como un fenómeno sistémico. Las nuevas conceptualizaciones parten de la idea de que las ventajas comparadas se pueden crear y por lo tanto tienen una naturaleza dinámica. En el tránsito de las ventajas comparadas estáticas a las dinámicas, la tecnología y el desarrollo de procesos de aprendizaje individual y colectivo —concebidos como procesos interactivos de carácter social— condicionan el éxito económico de países, empresas y regiones.

Es decir, la efectividad de las respuestas va más allá de las actividades efectuadas por una empresa aislada. Bajo los supuestos microeconómicos considerados (racionalidad acotada, imperfecta información e incertidumbre no modelable, fuerte cambio técnico y volatilidad de la demanda), el desarrollo y apropiación de los saberes codificados y tácitos depende de la posibilidad de interactuar con otros agentes, del desarrollo de competencias al interior de las firmas y de la forma de organización del proceso de trabajo. La literatura ha reflejado estos fenómenos al cambiar de unidad y pasar del análisis de la firma individual a la consideración de unidades de análisis que incluyen agentes interrelacionados: “*industrial governance*” (Borello, 1998), “*clusters*” (Humprey, 1995; Schmitz, 1995), “sistemas locales” o “*local milieu*” (Camagni, 1991; Becattini, 1990; Bianchi y Miller, 1994), o “subcontratación avanzada” (Coriat, 1993).

En este contexto, el objetivo de este trabajo —que forma parte de un proyecto de investigación más amplio—² es efectuar un abordaje teórico metodológico del concepto de *trama productiva* desde tres planos distintos: los estilos de vinculación entre los agentes, las actividades innovativas y la tecnología de gestión social, y estudiar cómo estos se ven reflejados en un panel de proveedores de la firma Volkswagen en Argentina. Se trata de un abordaje metodológico experimental que intenta pasar de la conceptualización teórica del fenómeno a su evaluación empírica.

² “Tramas productivas en la industria manufacturera argentina: empresa, innovación y relaciones laborales” que se está llevando a cabo en el Instituto de Industria de la Universidad Nacional de General Sarmiento, coordinado por M. Novick y G. Yoguel.

Las preguntas que guían la investigación son las siguientes:

- ¿Cuáles son las variables y dimensiones que se deben observar en el análisis de un conjunto de firmas interconectadas para definir una trama productiva? ¿Cuáles son las externalidades generadas por los agentes que pertenecen a una trama? ¿Qué indicadores son útiles para identificar empíricamente las diversas formas de manifestación de la trama, de acuerdo a la perspectiva teórica adoptada?
- ¿Cómo se manifiestan estos indicadores en el caso de proveedores de Volkswagen en Argentina? ¿Qué comportamiento adquieren los distintos tipos de proveedores? ¿Hay diferencias entre las empresas transnacionales y las firmas locales? ¿Hay similitudes o diferencias en la forma como se manifiestan estos planos de acuerdo a la importancia que la terminal asigna a sus proveedores? Finalmente, ¿en qué medida las fluctuaciones macroeconómicas influyen en los rasgos específicos que adquiere la trama en un país emergente?

Con el propósito de responder a este conjunto de cuestiones se desarrolló una metodología para abordar el estudio de la trama productiva desde las tres dimensiones planteadas y se aplicó al estudio de la empresa Volkswagen en Argentina y a su estructura central de proveedores. Este caso presenta interés por haber sido un intento de desarrollo de producción modular, comparable al que la firma realizó en Resende, Brasil.

La planta de Volkswagen en el Gran Buenos Aires (Pacheco) fue construida luego de la separación de Autolatina en 1995, en el predio que ocupaba la fábrica de camiones de Ford, ex socio de la multinacional alemana. Esta nueva planta industrial fue construida en el contexto de las inversiones efectuadas por Volkswagen a nivel internacional desde fines de los ochenta, cuando “los fabricantes de Alemania re-evaluaron sus sistemas de producción y concluyeron que necesitaban un cambio en sus estrategias orientado hacia los métodos japoneses” (Jurgens, 1998). Entre las nuevas inversiones destacan: i) la planta instalada en Shangai, China, a mediados de los ochenta (Kiefer, 1998); ii) la planta de Mossel en la ex Alemania Oriental (Jurgens, 1998) que comenzó a funcionar a fines de los ochenta y tuvo expansiones hasta 1992; iii) la planta de Martorell en Barcelona, que comenzó a funcionar en 1992 y “*became the first VW plant with plant-wide teamwork, kaizen activities, visual managment and just in time logistics with suppliers*” (Jurgens, 1998); iv) la experiencias de producción modular en la planta de camiones de Resende (Fleury y Salerno, 1998); v) la modernización de las plantas existentes en Brasil (San Bernardo, Taubate, San Carlos).

En sus orígenes, la planta de Pacheco fue pensada como una fábrica de producción modular que integraba un conjunto de proveedores en la

línea de producción (pintura, asientos, instrumentos) y en servicios (logística, mantenimiento). Este esquema tenía algunas similitudes pero también diferencias con la producción modular de camiones de Resende (Brasil) que inició sus actividades prácticamente en la misma época. A diferencia de la planta de Brasil, la producción modular en Argentina estaba limitada a las áreas señaladas, mientras que el resto de las operaciones de ensamble continuaban a cargo de los trabajadores que pertenecían a Volkswagen. Otra diferencia es que aquí no se formalizaron contratos con los proveedores, como en el caso de Resende, en el que se les concedió exclusividad a las firmas por un periodo de cinco a diez años. Una tercera diferencia es que la planta de VW se instaló en el Gran Buenos Aires, área de tradición sindical más importante que Resende. En consecuencia, en las negociaciones entabladas el sindicato de mecánicos (SMATA) logró que los trabajadores de la planta, pertenezcan o no a Volkswagen, estén regulados por los convenios de ese sindicato y, por lo tanto, que los salarios de los trabajadores pertenecientes a los módulos y a VW fueran similares.³

Como en otras plantas, fueron importantes los problemas de coordinación entre módulos y las restantes áreas manejadas en forma directa por VW, en especial en el área de logística. Como consecuencia, de los diez productores modulares quedan actualmente cinco (en particular toda la planta de pintura), verificándose un proceso de “*insourcing*”. Actualmente (a cinco años de su inicio) la planta de VW Argentina está evolucionando hacia un modelo tradicional con menor presencia de módulos y con una disminución significativa del número de proveedores. Coexisten actualmente proveedores globales –modulares o no–, empresas de inversión extranjera directa, grandes productores nacionales y Pymes.

En la sección inicial, en primer lugar se discute la conceptualización de “trama productiva” utilizada en este trabajo y en segundo, se presentan las variables e indicadores considerados más relevantes para caracterizar a las firmas y la trama en función de: a) tipo, cantidad y calidad de los intercambios tangibles e intangibles entre los agentes; b) capacidad innovativa y aprendizaje; c) tecnología de gestión social. En la segunda sección se discuten las tres dimensiones consideradas para el caso de Volkswagen Argentina y sus principales relaciones. La metodología fue aplicada a un grupo de 40 proveedores con el propósito de contrastar los tres planos a efectos de evaluar el grado de solidez de la trama estudiada.

³ En el caso de Resende, en cambio, los salarios eran significativamente menores a los de la planta de San Bernardo ubicada en el ABC de San Pablo (Fleury y Salerno, 1998).

2. Desarrollo conceptual

2.1. Definición de trama productiva

En este trabajo se define la “trama productiva” como un concepto ubicado en un plano “meso”, diferente a la suma de los atributos de las firmas individuales que la integran. La existencia de un conjunto de agentes que establecen relaciones económicas “continuas” entre ellos a lo largo del tiempo es una condición necesaria pero no suficiente para que una trama productiva pueda ser definida. Estas relaciones, a su vez, pueden derivar de la auto coordinación de agentes autónomos o de la presencia de uno o más agentes coordinadores.⁴

Se diferencia del concepto aplicado a *clusters*, ya que éste se define a partir de la concentración espacial de agentes económicos que, interactuando en el ámbito local, facilitan el desarrollo de la eficiencia colectiva. En este tipo de configuración, la existencia de recursos humanos calificados aprovechables, las relaciones económicas entre firmas proveedoras y clientes, una fuerte circulación de información entre agentes, instituciones e individuos, la existencia de una estructura institucional desarrollada y la construcción de una identidad sociocultural que facilita la confianza recíproca de los agentes, constituyen los factores claves (Altenburg y Meyer-Stamer, 1999).

El concepto de trama productiva utilizado en este trabajo se aleja del anterior en los siguientes aspectos: a) no requiere necesariamente la proximidad geográfica de los agentes que lo integran; b) concibe la posibilidad de relaciones “no-precio” construidas sólo sobre la base de relaciones económicas⁵ y c) admite distintos grados de desarrollo, en función de la importancia de los flujos intangibles y de las relaciones no-precio entabladas a su interior. Desde esta perspectiva, podría sostenerse que la trama también permite el desarrollo de procesos de eficiencia colectiva, a partir de las relaciones de cooperación, bajos costos de transacción y generación de economías externas (Schmitz, 1995).

⁴ A pesar de que la misma dinámica de la globalización dificulta el establecimiento de los límites y alcances precisos de configuración de la trama, la definición operacional adoptada para este caso en particular se circunscribe a los agentes locales y, de manera complementaria, al eventual comercio intrafirma de la empresa coordinadora.

⁵ Sin embargo, a pesar del predominio de las relaciones económicas que consideramos, los vínculos entre los agentes pueden también estar influidos por aspectos no instrumentales tales como relaciones de confianza, la historia previa, las vinculaciones sociales, etc. Las vinculaciones no-precio de la trama están condicionadas además por el conjunto de *networks* a los que pertenece cada uno de los agentes (Johanisson, 1999).

Por lo tanto, desde esta perspectiva, una trama no puede ser conceptualizada como un conjunto de agentes que tienen igual peso en las relaciones económicas que entablan, al estilo de los agentes “walrasianos” tradicionales o de agentes que se relacionan a partir de vínculos sociales y/o afinidades de desigual tipo, sin que medie algún tipo de coordinación. Sin embargo, la existencia de coordinadores no siempre implica relaciones de tipo jerárquico entre los agentes, pudiendo existir una diversidad de situaciones, desde las relaciones horizontales caracterizadas por vínculos de cooperación hasta las relaciones en las que predominan las jerarquías y las relaciones desiguales entre los agentes.

La trama está integrada así por agentes ubicados en un plano “micro” y por el conjunto de relaciones formales e informales que incluyen transferencia de información, conocimientos y tecnología en sentido amplio. Sus rasgos específicos están influidos por el grado de desarrollo de competencias técnicas y organizacionales de las firmas, por la complejidad alcanzada en su vinculación, por el tipo de instituciones que actúan en el entorno de los agentes, por la sinergia de los ambientes (sistemas locales) en los que operan y por el marco regulatorio macrosectorial y macroeconómico.

El concepto de trama productiva alude, entonces, a un amplio conjunto de situaciones caracterizadas por la existencia de desiguales flujos de relaciones “precio” y “no precio” entre sus componentes. Esto significa que las relaciones de compraventa entre los agentes, si bien constituyen una condición necesaria, no son los elementos más importantes como en la relación insumo-producto tradicional. La trama se constituye así en un “contexto” (Rullani, 1999) en el que se pueden realizar distintas funciones de especificación del conocimiento codificado. Esto implica funciones de traducción, el desarrollo de un lenguaje mínimo común, y la generación y circulación de conocimientos que pueden ser apropiados por los agentes que la integran.

Se trata de un concepto que, a diferencia de la teoría tradicional,⁶ parte de la idea de que los agentes no actúan en forma aislada, tienen diversos grados de racionalidad, influyen en las decisiones de los otros y no son tomadores de precios en un mercado que está fuera de los límites de la firma. El enfoque también se diferencia de la teoría de los costos de transacción, según la cual existe una amplia gama de formas de organización de las firmas entre las alternativas de mercado y jerarquía. La empresa es conceptualizada como una institución que procesa conocimiento y las relaciones

⁶ Desde la perspectiva neoclásica, la trama no tiene un espacio teórico debido a que se considera que las firmas tienen perfecta información, acceden a la biblioteca de conocimiento técnico sin costos, no están influidos ni influyen en las decisiones de los otros agentes, y maximizan su beneficio partiendo de funciones de producción similares a las del resto.

claves para identificar el grado de profundidad de la “trama” son las que apuntan al desarrollo de las competencias de las firmas integrantes, más que las vinculadas a la circulación de información y a la asignación estática de recursos (Amin y Cohendet, 1999).

Se inscribe así en un marco que deja de considerar al mercado como un determinante exógeno de las conductas de las firmas e incluye la posibilidad de que, a partir del desarrollo de sus estrategias y conductas, “construyan” o “transformen” la estructura del mercado en el que operan. Se constituye en una instancia de coordinación que permite, en los casos mas avanzados, contrabalancear las incertidumbres del mercado, desarrollar competencias faltantes e incentivar los procesos de circulación y generación de conocimientos codificados y tácitos.⁷ Uno de los elementos diferenciadores de una trama es el grado de desarrollo del lenguaje formal utilizado (Poma, 1998), necesario para codificar y hacer circular el conocimientos tácito que se genera en cada uno de los eslabones.⁸

Una singularidad de las tramas productivas es el carácter sinérgico que puede adquirir el proceso de aprendizaje que se puede manifestar en la generación de mayor cantidad y complejidad de los elementos tácitos, que pueden constituirse en barreras de entrada para los agentes que no pertenecen. Así la ventaja competitiva agregada de los agentes de la trama será mayor a la suma de las funciones individuales de cada uno de ellos, generándose ganancias de eficiencia que pueden asimilarse a economías de escala y de variedad consideradas en forma simultánea. En consecuencia, las tramas se diferencian por la intensidad del proceso de aprendizaje individual y colectivo.

Estos elementos descriptos corresponden, sin embargo, a conceptualizaciones teóricas sobre la figura de la trama y los factores que la determinan, pero no responden necesariamente a la forma en la que se manifiestan las vinculaciones interfirmas en la realidad. La bibliografía ya ha mostrado una heterogeneidad de situaciones (Humprey y Schmitz, 1995; Knorringa, 1997; Meyer-Stamer, 1998; Novick y Gallart, 1997) que es necesario diferenciar.

La perspectiva del proyecto y en particular de este documento es el análisis de las configuraciones productivas a partir de planos e indicado-

⁷ La importancia alcanzada por los elementos tácitos desarrollados en los distintos eslabones de la trama productiva se relacionan con el intercambio de experiencias y trabajos conjuntos con el *network* externo, pero también con su circulación al interior de las firmas.

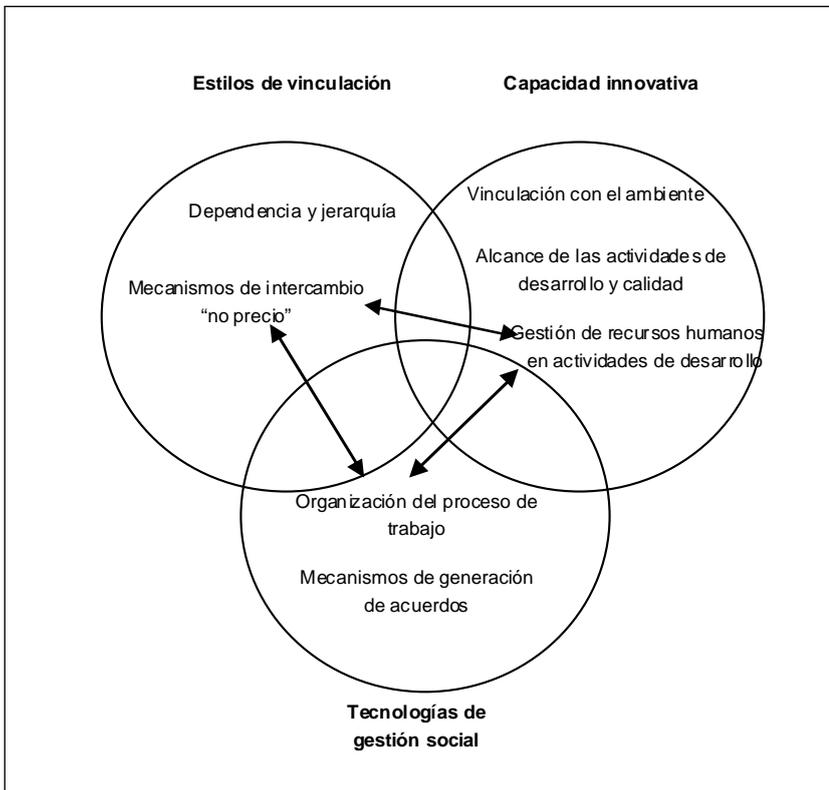
⁸ Según Poma esto elimina las discontinuidades características de la interpretación subjetiva del conocimiento tácito y reduce a su interior las innovaciones incrementales, produciendo procesos de ruptura que posibilitan el desarrollo de innovaciones de tipo radical.

res susceptibles de un testeo empírico que permiten identificar una gama de situaciones.

2.2. El estudio de la trama productiva: sus principales dimensiones

En esta sección se discuten las variables y dimensiones propuestas para el estudio de una trama productiva, que integra elementos cualitativos y cuantitativos. Se identifican los posibles estilos de vinculación entre los agentes y se consideran dos planos analíticos complementarios: la capacidad innovativa de las firmas y las tecnologías de gestión social implementadas, que incluye la organización del proceso de trabajo y los mecanismos de generación de acuerdos. El siguiente diagrama anticipa los indicadores propuestos referidos a los tres planos mencionados.

Dimensiones de una trama productiva



2.2.1. Estilos de vinculación en la “trama productiva”

El análisis de los estilos de vinculación se focaliza en el grado de dependencia y jerarquía existente, y en los mecanismos de intercambio no-precio entre los agentes, que están condicionados por la dinámica contractual existente y por el régimen implícito de incentivos. La forma en la que estos factores se configuran va determinando los rasgos estructurales definitorios de la trama y su dinámica.

Jerarquía y grado de dependencia

Para caracterizar las relaciones entre firmas son relevantes dimensiones ligadas a la temporalidad; pero también a la mayor o menor verticalidad u horizontalidad existente entre los agentes de la trama y el/los agente/s coordinador/es.

En las relaciones de tipo jerárquicas, los intercambios de tipo intangible se encuentran limitados. Las relaciones entre el/los proveedor/es y la/s empresa/s coordinadora/s y, por ende, la dinámica total de la trama, se limitan al cumplimiento de las obligaciones y especificaciones planteadas por el contratante.

Sólo cuando se trata de *relaciones sistémicas* (Dussel, 1998) donde hay una vinculación contratista-proveedor que no sólo es de largo plazo, sino que también es de tipo más horizontal (donde hay participación activa en el proceso de diseño y/o resoluciones conjuntas de problemas), pueden entablarse relaciones de confianza a mediano y largo plazo. En ese caso se encuentran las firmas con acuerdos de cooperación “estables” y/o con intercambios de tipo informal en cuestiones relevantes. En el otro, se ubican los agentes que no tienen cooperación formal ni vinculaciones informales relevantes, es decir, que operan con un fuerte aislamiento relativo en el “complejo”.

El indicador permite diferenciar alternativas de vinculación con desigual grado de jerarquía. En un extremo se encuentran las relaciones sustentadas exclusivamente en la exigencia del cumplimiento de las condiciones (pactadas o no), sin contrapartida alguna. En el otro extremo se encuentran acuerdos bilaterales y, en un punto intermedio, es factible identificar transferencias de experiencias puntuales y asistencia técnica (por ejemplo, técnicas para mejorar la calidad) de carácter unilateral.

A su vez, los agentes pueden estar más o menos implicados y tener un distinto grado de dependencia respecto a la trama en cuestión. Un primer indicio de la importancia de la trama para el conjunto de agentes vinculados con firmas organizadoras es la relación que se establece entre el quantum de ventas y compras monetarias entre ellos respecto a sus ventas y compras totales. De este modo, puede establecerse un indicador

cuantitativo complementario estimado en forma agregada para el conjunto de los agentes.

Mecanismos de intercambio no-precio entre los agentes de la trama

Uno de los elementos diferenciadores del modelo de vinculación está dado por la importancia alcanzada por los intercambios de activos intangibles y por el plazo y modalidad en el que se acuerdan y programan los intercambios tangibles vinculados a la oferta de productos y servicios. Otro está ligado a las actividades conjuntas vinculadas a la búsqueda de mecanismos que le permitan operar con mayores niveles relativos de certidumbre, para obtener mayor eficacia y racionalidad conjunta, superior a la obtenible de manera individual. En especial, en cierto tipo de actividades en las que se requieren desarrollos conjuntos y cercanía, los flujos de información no pueden ser sólo de tipo cuantitativo, sino que requieren de conocimientos tácitos, cuyo flujo y codificación implica, a diferencia de los mecanismos de acción-reacción tradicionales, una fuerte interacción entre los agentes.

La consideración de estas cuestiones en forma agregada requiere tomar en cuenta no sólo la frecuencia de intercambios entre las firmas de la trama, sino también la calidad y grado de importancia alcanzado por las relaciones no-precio entre ellas. Adquieren relevancia factores tales como el tipo de información, los mecanismos específicos de intercambio, el desarrollo y/o ejecución de acciones conjuntas, los acuerdos y mecanismos de cooperación y la posible transferencia de tecnología.

La importancia de estos intercambios está condicionada también por el *tipo de relaciones contractuales* predominantes. Sin embargo, la literatura no es homogénea en términos de la importancia que adquiere el contrato y el régimen de incentivos.

Existen distintas perspectivas sobre la importancia de la institucionalización de las relaciones entre los agentes de una trama. Una de las posiciones (Williamson, 1991) destaca el papel central del "contrato" y la determinación de los incentivos como elemento clave para su conformación. Otros autores, en cambio, jerarquizan el rol de la "confianza recíproca" en el desarrollo de este tipo de configuraciones (Bianchi y Miller, 1994; Saxenian, 1994).⁹ Sin embargo, ambas apreciaciones deben ser contextualizadas en el marco de las historias previas, de las prácticas vigentes y del grado de desarrollo del ambiente local en el que actúan los agentes.

⁹ Estos autores argumentan que la inexistencia de contratos puede constituirse en una fortaleza de la trama y no en su debilidad (por ejemplo, Silicon Valley).

Es en ese marco que debería discutirse el papel del modelo de “contrato” formal o informal que se establece entre las firmas y su papel en el tipo de vinculación, y en especial en el desarrollo y potenciación de los intercambios no-precio. Así, por ejemplo, mientras que en una aglomeración regional los vínculos van generando relaciones de confianza/desconfianza que son las que, en última instancia, regulan las relaciones de intercambio entre los agentes, en el caso de la trama es menos claro el papel que cumple el contrato y la “confianza” en la regulación de los intercambios. Mientras en el sistema local y/o *cluster* la inexistencia de contratos puede ser la expresión de un proceso de creación de confianza recíproca previa, en el segundo la interpretación es más ambigua. Puede ser tanto la expresión de un modelo de “dependencia” extrema, en el que la firma coordinadora maximiza unívocamente los beneficios de relaciones unilaterales, como un vehículo de generación de relaciones de “confianza” en el largo plazo.

En las tramas en las que existen contratos, su formalización y contenido puede ir adquiriendo mayor precisión a partir de un proceso de aprendizaje conjunto. En algunos casos, el nivel alcanzado por el aprendizaje de los agentes conduce a una mayor precisión en los contenidos de los contratos, lo que reduce la incertidumbre implícita en las transacciones. Pero a su vez este aprendizaje conjunto puede estar asociado a una menor tasa de incentivos. Esta última situación puede corresponder tanto a una maximización unilateral de los beneficios por parte del agente coordinador –reduciendo la incertidumbre y el costo de la transacción por la disminución de los incentivos– o a ganancias conjuntas de los agentes, provenientes del desarrollo de relaciones de confianza recíproca. En este último caso, la trama podría llegar a funcionar sin contrato formal alguno como evolución “natural” de este proceso.

Por lo tanto, la caracterización de una trama requiere analizar la eventual existencia de contratos, sus cláusulas, exigencias y la uni o bilateralidad de los compromisos que se pactan, la existencia de cláusulas de escape, y los efectos sobre el desarrollo de la trama. Desde esta perspectiva, el indicador evalúa el efecto de estas cuestiones sobre los mecanismos de intercambio “no precio”.

En suma, los modelos de vinculación en una trama no constituyen una forma organizativa inmutable. Por el contrario, existen elementos que condicionan su perfil en términos de *solidez* o de *labilidad*. El conjunto de cuestiones discutidas influye fuertemente sobre el comportamiento de ese atributo y sobre la posibilidad de generar flujos bidireccionales en el largo plazo y poder cambiar los términos de negociación y los mecanismos regulatorios de la relación, por parte de todos los agentes.

La construcción de un indicador de “estilos de vinculación”

Considerando los distintos factores desarrollados, se elabora un índice que permite identificar diferentes situaciones, privilegiando en su construcción los ítems vinculados a las relaciones no-precio.

Así, pueden diferenciarse diversas situaciones. Por un lado aquellas en las que prevalece un importante flujo de intercambios formales e informales entre el agente coordinador y otras firmas e instituciones, centrados en la utilización de infraestructura, desarrollos compartidos, transferencia de tecnología, apoyo en las actividades innovativas y de gestión, etc. Por otro lado, los estilos de vinculación entre firmas caracterizados por relaciones de mercado, en los que las firmas actúan principalmente en forma individual. Entre ambos extremos, es dable esperar un conjunto de situaciones híbridas que corresponden a los casos más frecuentes.

2.2.2. Actividades innovativas y desarrollo tecnológico en la trama

En el actual esquema competitivo caracterizado por la segmentación del mercado, por el acortamiento del ciclo de vida de los productos y por la volatilidad de la demanda, las respuestas de las firmas que apuntan a idear, planear y efectuar desarrollos y mejoras de productos y procesos, efectuar cambios organizacionales y desarrollar nuevas formas de vinculación con el mercado se tornan más importantes para la creación de ventajas competitivas. En la búsqueda de diferenciación, implícita en el proceso de competencia, los agentes desarrollan de manera diferencial lo que denominaremos en este trabajo la “*capacidad innovativa*”. La misma alude a la potencialidad de las firmas para transformar sus conocimientos genéricos en específicos a partir de sus competencias iniciales y de su acumulación dinámica, la que involucra aprendizajes formales e informales tanto de tipo codificado como tácito (Ernst y Lundvall, 1997; Lall, 1992; Yoguel y Boscherini, 1996). Estas competencias pueden ser definidas como el conjunto de conocimientos y habilidades tecnológicas y organizativas –formales e informales– que los agentes generan para llevar a cabo los desarrollos mencionados.

Para determinar la capacidad innovativa de los agentes de una trama se parte de la idea de que la generación y circulación de conocimientos tanto interna a la firma como la existente entre ellas constituye un proceso complejo cuya intensidad depende de: i) la necesidad de resolver problemas concretos en situaciones de incertidumbre; ii) la demanda de soluciones no codificables; iii) el grado de complejidad técnica de los equipos de trabajo; iv) el tipo de competencias básicas de los agentes; v) la capacidad de relacionarse y de trabajar en forma grupal; vi) el grado de aprovechamiento de los saberes técnicos y organizacionales de los trabajadores de la firma.

En particular, la generación y difusión del conocimiento codificado y tácito estaría positivamente asociado a las características del capital humano de la firma, a la forma como se organiza el proceso de trabajo,¹⁰ y a la forma que adquiere la interpretación y adaptación del conocimiento codificado externo. Este conjunto de factores convierte los saberes tácitos en elementos particulares, específicos y no apropiables por otros, lo que adquiere mayor importancia en la trama, porque en ella se realiza una importante cantidad de transacciones fuera del mercado (Yoguel, 1999).

Operacionalmente se trata de identificar: a) la existencia de recursos humanos responsables de los desarrollos de tipo incremental, la envergadura y calificación de este núcleo, y la extensión y alcance de la capacitación; b) el tipo de desarrollo de productos y procesos técnicos y organizacionales llevados a cabo por la firma; el grado de avance en los procesos de aseguramiento de la calidad y c) el tipo de vinculación con el ambiente, lo que se expresa en el tipo y frecuencia del intercambio con otros agentes e instituciones que no pertenecen a la “trama” (Yoguel y Boscherini, 1999).

Gestión de recursos humanos en actividades de desarrollo y capacitación

a) Recursos humanos involucrados en actividades de desarrollo

La importancia cuantitativa de los equipos formales o informales dedicados a desarrollos incrementales y/o radicales, el grado de calificación predominante en los mismos (especialmente profesionales/técnicos) y el grado de exclusividad en esas tareas constituyen elementos clave para el desarrollo de las actividades innovativas de los agentes. De esta manera, la relevancia que las firmas adjudican a los recursos humanos involucrados en actividades innovativas constituye una dimensión clave. El indicador diferencia una gama de situaciones que comprenden desde las firmas en las que los equipos son inexistentes hasta aquellas en las que existen grupos informales y/o laboratorios involucrados en estas tareas con algún grado de exclusividad relevante.

b) Capacitación

El aprendizaje en una organización es un proceso complejo y tiene un alcance mayor al de la inversión económica que se efectúa en un entrenamiento. Nonaka (1994) sostiene que “una organización que aprende es aquella en la que el desarrollo de nuevo conocimiento no es una actividad

¹⁰ En la siguiente sección se desarrolla de manera detallada esta dimensión.

especializada de un grupo particular sino una forma de comportamiento en la que cualquiera es un trabajador con conocimiento”.

El plano de la capacitación-aprendizaje constituye un elemento central en el logro de ventajas competitivas de las firmas porque se trata de una dimensión que vincula en forma directa la capacidad innovativa con el desarrollo y reconocimiento de los saberes tácitos y codificados de los trabajadores, y con la modalidad de organización del proceso de trabajo.

El aprendizaje, sea en la empresa o en la trama, constituye una dimensión de mayor relevancia que la que habitualmente adquiere en la bibliografía tradicional y en la práctica de las firmas. Por lo tanto, la capacitación en las empresas –dentro de los nuevos paradigmas– no puede ser analizada exclusivamente a partir de la descomposición de las estrategias concebidas como políticas específicas o generales de transmisión de conocimientos, o del grado de formalidad o duración de las actividades de capacitación.

El análisis de la capacitación puede ser efectuado –al menos– desde cinco planos (Novick, 1999): a) el carácter sistémico de la capacitación;¹¹ b) la proporción del personal de cada nivel involucrado;¹² c) los temas incluidos y su complejidad, que requiere una combinación de aspectos técnicos específicos y generales, comportamentales y motivacionales; d) la intensidad, que alude al umbral mínimo de horas necesarias para que el proceso de capacitación sea efectivo; e) la metodología de aprendizaje, para diferenciar los conocimientos que se imparten de manera estandarizada de aquellos que utilizan mecanismos de transformación de los saberes tácitos a codificados; f) los sistemas de evaluación utilizados en el corto, mediano y largo plazo.

Alcance de las actividades de desarrollo y aseguramiento de la calidad

a) El alcance de las actividades de desarrollo

El proceso de aprendizaje en las firmas se manifiesta en desarrollos (mejoras) de productos y procesos muy desiguales, cambios organiza-

¹¹ Se denomina carácter sistémico a los modelos de capacitación que realiza la firma de manera continua, integrados al planeamiento estratégico, como componente central de la gestión del recurso humano, en contraposición con aquel que se realiza de manera esporádica, por necesidades puntuales e inmediatas o para responder a demandas específicas.

¹² Esta dimensión indaga sobre la extensión de la capacitación a todos los niveles de la organización y no sólo a los superiores. Asimismo, se basa sobre la necesidad de que el porcentaje en cada nivel involucrado sea significativo.

les, formas de vinculación con el mercado y niveles de aseguramiento de la calidad. En materia de productos y procesos se trata de conocer el carácter incremental o radical, pero fundamentalmente la injerencia –y/o cooperación– de los agentes organizadores en el desarrollo de estas actividades sobre el conjunto de las firmas.

Se considera también el *peso de los nuevos productos en la facturación* –que constituye una aproximación al producto innovativo (Meyer-Krahmer, 1984)–, que evalúa la importancia alcanzada por la introducción de productos con mejoras técnicas y/o son nuevos para la firma.

Estos indicadores permiten conocer la capacidad tecnológica de los agentes de la trama, sus transformaciones organizacionales y el perfil productivo para adaptarse a las nuevas demandas de las firmas organizadoras. Su grado de autonomía relativa para posicionarse de manera más activa en el conjunto de la trama, permite clasificar a los agentes como “subcontratistas dependientes con escasa o nula capacidad de desarrollo” y “subcontratistas autónomos con capacidad de desarrollo avanzado”.

b) Procesos de aseguramiento de la calidad

El grado de aseguramiento de la calidad alcanzado por las firmas se puede evaluar a partir de un conjunto de elementos que hacen referencia a la existencia de controles de calidad a lo largo del proceso de producción, a la utilización de instrumentos de control de calidad en los productos en elaboración, en el empleo de formularios en los puntos de control, y en el grado de complejidad de las “estadísticas” que estiman. El indicador diferencia una gama de situaciones. En un extremo, se ubican las firmas con elevado nivel de aseguramiento de calidad: aquellas que efectúan control con instrumentos a lo largo del proceso de producción, tienen diversos puntos de control en cada línea de producción y llevan registros de los “estadísticos” estimados en formularios específicos. En el otro extremo se ubican las firmas con ausencia de aseguramiento de la calidad, caracterizadas por la inexistencia de control de productos en proceso o la implementación de controles sin instrumentos de medición.

c) Vinculación con el ambiente: intercambios formales e informales con otros agentes

Los intercambios formales e informales con agentes que no pertenecen a la trama constituye una dimensión clave para evaluar el grado de desarrollo de las interacciones orientadas a la generación de competencias tecnológicas y empresariales.

En esa dirección, el indicador considera tanto los vínculos formales como los informales con agentes no vinculados a la trama (empresas, con-

sultoras, instituciones públicas y privadas, universidades, etc.), que tienen como objetivo: i) desarrollar y mejorar productos y procesos, ii) realizar cambios en la organización de la gestión de la empresa, iii) modificar los canales de distribución, iv) mejorar y desarrollar la gestión de calidad, v) mejorar la gestión y la organización del proceso de trabajo. Se incluye también la pertenencia de las firmas a otras redes y, en el caso de las empresas de inversión extranjera directa, los intercambios con la casa matriz.

La construcción de un indicador de capacidad innovativa

La capacidad innovativa de los agentes de la trama es la resultante de considerar de manera agregada los factores asociados al desarrollo de competencias: el aseguramiento de la calidad, los esfuerzos de capacitación, el alcance de las actividades de desarrollo y la participación de personal calificado en el equipo de desarrollo. Se considera además el grado de circulación de conocimiento codificado y tácito, y el grado de desarrollo de confianza recíproca entre los agentes (Yoguel y Boscherini, 1999).

El índice de la capacidad innovativa permite evaluar distintas alternativas en función de los niveles alcanzados en cada uno de los factores mencionados. En un extremo, se ubican aquellas firmas que tienen elevado grado de aseguramiento de la calidad, introducen frecuentemente nuevos productos, efectúan una capacitación sistémica. Poseen equipos de desarrollo (formales e informales) con recursos humanos calificados, y con algún grado de dedicación exclusiva y con fuertes vinculaciones con otras firmas que no pertenecen a la trama, y con instituciones que ofertan servicios tecnológicos. Por el contrario, los agentes de reducida capacidad innovativa se caracterizan por escasos esfuerzos en calidad y capacitación, reducido peso de los nuevos productos en las ventas, inexistencia de núcleos de recursos humanos dedicados a desarrollos, débiles vinculaciones con otros agentes y con instituciones de apoyo tecnológico. Entre ambos extremos, existe una fuerte heterogeneidad de situaciones.

2.2.3. Tecnologías de gestión social: organización del trabajo y mecanismos de generación de acuerdos consensuados

Los nuevos requisitos de calidad, reducción de costos, cambios en las formas de entrega, el carácter volátil de la demanda y la importancia que adquiere la generación y la transmisión del conocimiento requieren transformaciones importantes no sólo de la base técnica, sino también de la organización del proceso de trabajo. Esto exige mayor flexibilidad, mayor involucramiento de los operarios, mayor intercambio de informaciones y saberes, y una nueva base organizacional que elimine jerarquías y permita mayor horizontalidad de las decisiones en el conjunto de las funcio-

nes de la empresa. Implica el pasaje de una concepción individual de puestos de trabajo basados en el concepto de “operación”, hacia una organización basada en la integración y coordinación de los sistemas de producción (Zarifian, 1990).

En consecuencia, la forma en la que se organiza el proceso de trabajo en las firmas es central para identificar el modo en que la tecnología de gestión social actúa en el proceso de generación y socialización del conocimiento. Los equipos¹³ (*teams*) y los espacios de interacción, que permiten intercambiar las experiencias y opiniones, son los que más posibilitan difundir el conocimiento tácito entre individuos, a través de la “observación, imitación y experiencias empíricas”. En ese sentido, estos mecanismos constituyen el vehículo para desarrollar procedimientos y situaciones orientadas a compartir experiencias entre individuos (Rullani, 1999).

La importancia que adquieren los factores microeconómicos en la determinación de la productividad implica un cambio también en el tratamiento de las relaciones laborales. A diferencia del modelo *fordista* en el que las formas institucionales se basaban en acuerdos negociados colectivamente —al nivel de rama o sector—, los nuevos escenarios tienden a trasladar los mecanismos de negociación al nivel de la firma. La heterogeneidad de estrategias tecnológicas, de inserción en el mercado, y la diferente *performance* de las unidades productivas aun dentro de un mismo sector, induce a la descentralización de los niveles de negociación.

Las estrategias se bifurcan y se identifican aquellas que intentan transformar la gestión de relaciones laborales en gestión de recursos humanos, privilegiando los “acuerdos individuales” en contraposición a aquellos que continúan generando mecanismos de “negociación colectiva”, aunque de alcance diferente al modelo fordista. Algunos autores (Leborgne y Lipietz, 1994) construyen una tipología que combina la flexibilidad en la organización del trabajo con el grado de reconocimiento de los actores colectivos para la negociación de estas transformaciones.

Las prácticas comunes de trabajo difundidas en los países, permite a otros autores (Katz y Darbshire, 1999) identificar en países industrializados distintos modelos “tipo” de tratamiento de los recursos humanos y de “negociación” según a) el carácter más o menos consensuado de las prácticas laborales; b) el tipo y monto de las remuneraciones; c) los modelos de organización del trabajo; d) la rotatividad; e) la política sindical.

¹³ Esta concepción se vincula estrechamente a la organización del proceso de trabajo a partir de la difusión de células de producción, equipos y/o módulos de trabajo en los que la circulación del conocimiento es facilitado por el desarrollo de mecanismos de rotación, y de polivalencia “enriquecida”.

En base a la combinación particular que adquieren el tipo de organización del trabajo predominante y el modelo de generación de acuerdos consensuados en las firmas de la trama, se caracteriza la tecnología de gestión social implementada.

a) Organización del trabajo

La organización del trabajo (Novick, 1999) puede definirse como el conjunto de aspectos técnicos y sociales intervinientes en la producción de un determinado objeto. Se refiere a la división del trabajo entre las personas y entre éstos y las máquinas. La organización del trabajo es el resultado del conjunto de reglas y normas estandarizadas y tácitas que determinan cómo se ejecuta la producción y el intercambio de información y conocimientos en la empresa. Desde esta perspectiva, la organización del trabajo es una construcción social, histórica, modificable y cambiante.

Los modelos de organización del trabajo en este siglo pasaron del clásico, ligado al taylorismo-fordismo, en el que la productividad se obtenía del puesto de trabajo del obrero individual (Coriat, 1995) al fordismo (la cinta de montaje) y a un modelo de organización del trabajo en el que la productividad es buscada por polivalencia y movilización de la totalidad de los recursos humanos involucrados.

El indicador de este ítem se construye por la modalidad de asignación de los puestos de trabajo (individual *versus* célula de trabajo, equipo/módulo); la forma de organización de la célula (número de trabajadores y grado de jerarquía en la organización del trabajo); por las modalidades de asignación de categorías y por el tipo de polivalencia (como mero agregado de tareas o como crecimiento de *skills*); y por el papel del supervisor analizado desde una perspectiva dicotómica de disciplinamiento en contraposición al papel técnico.

b) Mecanismos de generación de acuerdos consensuados (Relaciones laborales)

Esta variable alude, por un lado, al tipo de reconocimiento de interlocutores diferentes a la empresa que representen –de manera colectiva– al conjunto de la/s fuerza/s de trabajo de una firma. Por el otro, toma en cuenta si este reconocimiento se asienta en algún tipo de mecanismo “contractual” colectivo –formal o informal– y en el grado de bilateralidad existente en esta negociación.

Sobre la base de esta caracterización el indicador considera: el reconocimiento de la organización gremial como interlocutor; el sistema de remuneración, montos y asignaciones no remunerativas vigentes, y el marco regulador específico en términos de actas, convenios o acuerdos negociados referidos a los sistemas productivos.

La construcción de un indicador de tecnología de gestión social

Para trabajar esta dimensión se estilizaron dos modelos extremos: el que podemos denominar “*de integración sistémica*” y “*puntual y fragmentario*” (más cercanas al taylorismo fordismo aunque con base microelectrónica en la organización del trabajo y con bajo grado de reconocimiento de los interlocutores laborales). Entre ambos extremos destacan un conjunto (seguramente mayoritario de firmas) que permitirán clasificar a esta variable como un “continuo” y no como segmentos estancos.

Las firmas caracterizadas como de *integración sistémica* son aquellas en las que existe una coordinación importante entre las áreas de diseño/concepción y ejecución, en las que la empresa es concebida como una integración de todos sus aspectos y no como mera optimización de alguno de sus recursos en forma aislada.¹⁴ Para ellas, el recurso humano es considerado clave para su competitividad y valorizado en esa dirección en términos de salarios, estabilidad en el empleo, desarrollo de sus potencialidades, y reconocimiento y mejoramiento de sus habilidades. Esta concepción “sistémica” se vincula con la visión neoschumpeteriana de la firma y con la tecnología concebida no sólo como un conjunto de máquinas y artefactos sino integrando el conjunto de procesos de aprendizaje y la forma en que circulan. En este “tipo”, hay algún grado de participación y /o responsabilidad de los trabajadores en las actividades innovativas incrementales, al reconocerles la contribución de sus saberes en la generación de ventajas competitivas por parte de las empresas.

Desde la perspectiva de la organización del trabajo, los rasgos centrales se expresan en el predominio de módulos/ equipos/ células en la organización del proceso del trabajo y en el papel de carácter técnico del superior jerárquico y no tanto de disciplinamiento, lo que facilita mayor autonomía relativa de los equipos de trabajo. Esta mayor autonomía relativa de las células, la participación en la determinación de estándares, ritmos, aseguramiento de la calidad y en la programación de la maquinaria, posibilita un mejor aprovechamiento de los conocimientos tácitos de los trabajadores. El diseño de los puestos corresponde a los casos de polivalencia “enriquecida”: en puestos de diferentes sectores, categorías y niveles de complejidad.

Desde la perspectiva de los mecanismos de generación de acuerdos consensuados (relaciones laborales), se destaca el involucramiento de los representantes de los trabajadores en la negociación de los cambios y

¹⁴ El caso contrario, y común, es cuando se piensa maximizar uno sólo de sus factores a partir de la exclusiva reducción de los costos laborales o del aumento de la intensidad del trabajo.

transformaciones. Esto se manifiesta en convenios/acuerdos homologados y/o actas acuerdo para regular aspectos específicos de la prestación laboral o de las crisis y coyunturas. Otra dimensión complementaria incluye un sistema de remuneraciones que reconozca de alguna manera la contribución de los saberes de los trabajadores a la construcción y aumento de la productividad.

En el otro extremo, las firmas *cercanas al modelo puntual y fragmentario* son aquellas en las que el modelo de gestión de recursos humanos sigue basado en relaciones más jerárquicas. Desde el punto de vista de la organización del trabajo, predomina la asignación individual de puestos y, en el caso de existir células, éstas tienen un bajo número de trabajadores (o, por el contrario, son tan masivas que tampoco pueden considerarse como tales), y escasamente difundidas. La polivalencia adquiere un carácter improvisado y el supervisor mantiene su rol de disciplinador. Se trata de células con escasa autonomía, lo que denota ausencia de jerarquización de los conocimientos tácitos de los trabajadores, quienes no participan ni en la determinación de los estándares de producción y calidad, ni en la programación de la maquinaria. La capacitación, cuando existe, es puntual y de carácter motivacional o comportamental.

En materia de mecanismos de acuerdos consensuados, sería escasa la implicación o el reconocimiento de los representantes de los trabajadores. Suelen mantenerse los antiguos convenios colectivos (generalmente de rama o actividad), sin actualización. Los sistemas de remuneraciones se centran en incentivos a la cantidad de producción y al presentismo más que en las dimensiones de calidad o involucramiento. Por otro lado, los elementos no remunerativos se centran principalmente en los que reducen el aporte patronal (i.e. *tickets* canasta).

2.3. Tipologías teóricas de trama productiva: la combinación de los planos considerados

Como resultado de las distintas intersecciones entre los planos discutidos anteriormente se estilizan diversos tipos de trama diferenciando entre los extremos teóricos y las situaciones intermedias más factibles de encontrar en la evidencia empírica.

En una trama virtuosa a) las vinculaciones entre los agentes tienden a ser de largo plazo y existen desarrollos conjuntos de procesos y productos entre las firmas; b) los mecanismos reguladores de la relación están sujetos a negociación por parte de todos los agentes y no sólo de los organizadores; c) la capacidad innovativa es elevada y no es privativa ni exclusiva de un reducido número de firmas; d) existe cierta homo-

geneidad en las competencias laborales y técnicas que posibilitan la generación de un lenguaje común; e) existe relación entre el desarrollo de la capacidad innovativa de la trama y la forma que adopta la organización en el proceso de trabajo y los mecanismos de generación de acuerdos consensuados. En ese sentido, en las tramas virtuosas la generación y circulación del conocimiento codificado y tácito estaría vinculada al desarrollo de las competencias del personal, a las formas de la organización del trabajo, y al reconocimiento de los interlocutores sociales. En síntesis, los recursos humanos constituyen el factor relevante en la gestión estratégica.

En estas tramas las actividades innovativas alcanzan el máximo nivel, fenómeno asociado con el aseguramiento de la calidad, los procesos de capacitación, la implementación de desarrollos incrementales de productos y procesos, y una fuerte interdependencia entre los agentes. El sendero evolutivo de los contratos converge al desarrollo de confianza recíproca y/o relaciones informales por la importancia central de los intercambios no-precio, por el desarrollo de actividades conjuntas que generan menores niveles de incertidumbre colectiva, por el desarrollo de charlas informales y por un lenguaje común que crea saberes tácitos permanentes y nuevas ventajas competitivas. Podrían existir coordinadores simultáneos y/o relaciones bilaterales que facilitarían el aprendizaje a partir de un proceso sistemático de codificación continua y esto requiere la implementación de una tecnología de gestión social de tipo sistémico. En síntesis, se trata de la conformación de un contexto abierto fuertemente vinculado con otras “tramas” e instituciones tecnológicas y educativas.

Las características de una trama débil son contrapuestas a la anterior: a) bajo nivel de vinculación entre las firmas; b) predominio significativo de relaciones de tipo jerárquico y radial, centradas en el/los organizador/es; c) condiciones contractuales o pactadas en marcos de fuerte dependencia; d) escasa difusión de mecanismos de cooperación e intercambio de información y conocimientos, por la falta de un lenguaje común o por la exclusividad de algunos miembros en poseerlo; e) flujos de “intangibles” limitados y —en el caso de existir— de tipo unidireccional; f) casi no existen desarrollos conjuntos; g) el diseño de productos está virtualmente centrado de manera exclusiva en el agente coordinador; h) fuertes heterogeneidades en el desarrollo de las capacidades innovativas de las firmas individuales y en la forma como se implementa la tecnología de gestión social. Aun cuando existan casos virtuosos aislados en la implementación de estas tecnologías, podría esperarse un predominio de intensidad del trabajo en la forma de su organización y bajo o escaso reconocimiento del interlocutor laboral. Las relaciones entre los agentes se sustentarían

exclusivamente en la exigencia del cumplimiento de las condiciones (pactadas o no), sin contrapartida alguna de flujos de intercambio no-precio. Las actividades innovativas son escasas y están circunscriptas a un número limitado de empresas. Adicionalmente, la verticalidad de las relaciones dificulta la circulación de conocimientos, y en este sentido aumenta la heterogeneidad existente en la capacidad innovativa.

A diferencia del caso anterior, suelen ubicarse en contextos institucionales débiles (Rullani, 1999) y se mantienen cerradas o aisladas respecto a otras tramas e instituciones, lo que dificulta su dinámica económica y social.

Entre ambos extremos, las modalidades más frecuentes (al menos en los países de América Latina) se constituyen como modelos híbridos,¹⁵ mixtos, cuya combinación de factores los acercan a uno u otro extremo teórico. Así, por ejemplo, podrían diferenciarse por un lado, modelos híbridos más cercanos a la trama "virtuosa" y, otros, a la trama débil. Por lo tanto, las tramas "reales" mantienen fuerte heterogeneidad en términos de: a) las modalidades de vinculación; b) la capacidad innovativa; c) la tecnología de gestión social.

Los estudios realizados en América Latina (Novick y Gallart, 1997; Dusel, 1998; Leite, 1999; Ruas *et al.*, 1998; Carrillo, 1997; Abramo *et al.*, 1997; Atenburg y Meyer-Stammer, 1999), permiten identificar que lo más habitual en la región es la presencia de tramas cercanas a la considerada "débil".

3. Caso Volkswagen argentina: la debilidad de la trama productiva. Las dimensiones analíticas consideradas en la trama automotriz argentina

Las investigaciones realizadas sobre el complejo automotriz argentino en los últimos años (Catalano y Novick, 1998; Kosacoff *et al.*, 1999; Motta, 1999; Novick y Buceta, 1998; Novick y Yoguel, 1998 y 1999; Lugones y Porta, 1999 y Bastos Tigre *et al.*, 1999) arrojan cierta uniformidad y tienden a cuestionar la existencia misma de una trama productiva y/o a caracterizar los modelos de vinculación interfirmas como jerárquicos y heterogéneos, asociándolos de esta forma a la caracterización hecha de "trama débil".

En esa dirección el objetivo de esta sección es discutir como se manifiestan los tres planos teóricos discutidos en la primer parte sobre un conjunto significativo de proveedores (internos y externos a la planta) de

¹⁵ Esta denominación está tomada de las conceptualizaciones efectuadas por Abo (1993) y Boyer (1998).

Volkswagen (40 firmas industriales). En primer lugar se muestra en forma estilizada la conformación de estos planos en la trama. Luego se construyen indicadores agregados específicos de esos planos a los efectos de evaluar las interconexiones de modo de caracterizar la trama en análisis.

3.1. Estilos de vinculación

Un análisis de las *relaciones de compra-venta* directa e indirecta de los agentes de la trama¹⁶ y su vinculación con la firma coordinadora revela que: a) los nexos con la firma coordinadora son de tipo radial; b) es elevado el peso de las importaciones en las compras totales de la terminal y se reproduce esa conducta en sus principales proveedores; c) hay escaso peso de las compras y ventas de los proveedores a otros autopartistas; d) son inexistentes las tramas exclusivas, lo que se explica por la dispersión de la estructura de ventas de los autopartistas;¹⁷ e) han adquirido importancia creciente las ET en detrimento de los agentes locales; f) existe una marcada asimetría entre el peso de los agentes de menor tamaño en el total de proveedores y su participación en el total de compras de la terminal. Los datos que justifican estas características se presentan en el Apéndice y en los cuadros 1 a 3 del Anexo estadístico (en adelante AE).

Esta debilidad de la estructura de las relaciones de compra-venta de la trama constituye un condicionante para el desarrollo de las vinculaciones no-precio entre los agentes. En efecto, mayoritariamente predominan factores opuestos a la visión de trama “virtuosa”, tales como el escaso peso de subcontrato, la inexistencia de contratos con la terminal y la reprogramación permanente de las compras. Sin embargo, existen algunos rasgos potenciadores del desarrollo de competencias colectivas, tales como relaciones informales, asistencia técnica por parte de las terminales, uso de laboratorios, etcétera.

El reducido peso del subcontrato hacia otras firmas industriales se

¹⁶ Con el objetivo de efectuar una identificación mas clara de los diversos proveedores de Volkswagen se diferenciaron los agentes de acuerdo a dos criterios. Por una lado se efectuó una clasificación dicotómica a partir de la importancia de los proveedores desde la perspectiva de la terminal. Por otro lado, teniendo en cuenta los cambios producidos en el complejo automotriz local se clasificaron las firmas en función del tamaño y la proporción de inversión extranjera directa, quedando establecidos los siguientes grupos: i) empresas transnacionales (en adelante ET con IED 100%), ii) empresas de inversión extranjera directa (IED superior al 50%), iii) grandes empresas nacionales (IED inferior al 50%) y iv) Pymes.

¹⁷ Este rasgo que puede ser captado por la alta proporción de firmas que tienen más de dos normas de calidad es más destacado en las ET (73% de los casos) que entre las Pymes (18%). Ver tabla N° 9, Apéndice estadístico, en adelante AE.

manifiesta en que dos terceras partes del panel no terceriza ningún tipo de actividad, y cuando las terceriza están orientados a servicios de escasa complejidad. Este hecho, junto al bajo porcentaje de compras a otros autopartistas y el alto peso de la importación ya mencionados, constituye un indicador de la limitada relevancia de los potenciales encadenamientos “hacia atrás”, a las firmas del segundo y tercer anillo que, en el modelo anterior y con distinto grado de competitividad, tenían un peso importante en el complejo (ver tabla 4 AE).

Asimismo, en general la modalidad de las compras de las ensambladoras a los proveedores locales no está basada en contratos de provisión explícita, sino en acuerdos –generalmente de naturaleza unilateral– con exigencias importantes en materia de calidad y precio, y con fuerte inestabilidad, que se ve reflejada en constantes reprogramaciones debido a las fluctuaciones del mercado.¹⁸ Cerca del 80% de las firmas encuestadas no tiene contratos, sino órdenes de compra. Los ítems pactados incluyen precio, calidad, tiempo, lugar y condiciones de entrega; cantidad y exigencia de mejoras. Es de destacar que este caso contradice las posiciones que postulan que la confianza recíproca entre agentes puede desarrollarse sin contratos explícitos.

Complementariamente, se verifica en el 75% de los proveedores una anticipación de la programación de los volúmenes a entregar de forma semanal o mensual. Mientras las Pymes y las empresas grandes nacionales reciben en promedio una programación mensual, el horizonte de las ET suele ser mayor (trimestral). La inestabilidad de la trama adquiere mayor tensión aún debido a que el 87% de las firmas del panel, desde las Pymes hasta las ET, reciben reprogramaciones permanentes de la producción pactada. Esta exigencia hacia los proveedores actúa como una variable de ajuste ante los cambios macroeconómicos y de las mínimas variaciones de mercado, introduciendo perturbaciones microeconómicas adicionales y revelando la existencia de una fuerte jerarquía desde las terminales hacia las autopartistas, incluso para los oferentes globales que ex– ante tendrían mayores grados de libertad.¹⁹

Mantenerse como abastecedores de una ensambladora no sólo requiere flexibilidad productiva y financiera, sino que las modalidades de entrega JIT –o con la presencia de un consolidador– (80% de las firmas)

¹⁸ Estas fluctuaciones constituyen un aspecto que limita el desarrollo de modalidades de vinculación avanzadas entre las terminales y los autopartistas locales.

¹⁹ Esta modalidad de funcionamiento del mercado restringe el ingreso a una parte importante de las Pymes que tienen menor posibilidad de flexibilidad técnica y financiera para soportar las oscilaciones del mercado.

implica introducir cambios significativos en materia de distribución y logística, lo que constituye una restricción adicional para la sobrevivencia de oferentes locales de menor tamaño.

En suma, este conjunto de factores permitiría ubicar a la trama en el extremo débil. Sin embargo, se vislumbra algún tipo de relaciones no-precio entre los agentes que contrarrestan en parte esta caracterización. Por ejemplo, las terminales brindan a las autopartistas asesoramiento en materia de técnicas para mejorar la calidad (60% de los casos) y, en menor medida, sobre desarrollo y diseño de productos y organización del proceso de trabajo. En esta misma línea, casi el 43% de las firmas del panel reciben de VW asistencia técnica para el mejoramiento de la calidad, proporción que es superior en las Pymes que en las ET, debido a condiciones iniciales más desfavorables de estos agentes.

La utilización de infraestructura y laboratorios de las terminales por parte de sus proveedores es otra actividad en la que se nota la incipiente presencia de vinculaciones no-precio (cerca de un cuarto de los proveedores hace uso de estos laboratorios). Por otra parte adquieren importancia las vinculaciones informales con otros agentes. Esto se manifiesta en que una proporción significativa de las firmas (41%) del panel mantienen contactos con otros agentes que incluyen el tratamiento de temáticas de relativa complejidad.²⁰ Estas relaciones de tipo informal constituirían otro dato tendiente a mostrar un desarrollo embrionario de la trama.

Con respecto a las vinculaciones “hacia afuera”, el sistema de relaciones con las instituciones públicas y/o privadas de servicios tecnológicos está poco desarrollado. Por un lado, hay una baja identificación de agentes institucionales. Por el otro, las instituciones identificadas no constituyen una potencial fuente de desarrollo para mejorar la competitividad de las firmas.²¹ Sólo el 26% de las vinculaciones se realiza con institutos tecnológicos y/o universidades (sobre todo para oferta de pasantías y/o becas para reclutamiento de personal).

²⁰ Entre ellas pueden identificarse contactos ligados a las posibilidades de efectuar desarrollos conjuntos de productos y procesos, a implementar programas de capacitación compartidos, a la búsqueda de socios para realizar acuerdos de distinto tipo, a la posibilidad de desarrollar negocios conjuntos en el exterior, a cuestiones vinculadas a la racionalización del proceso productivo y a la gestión de la empresa, a estrategias de comercialización en mercados externos, nuevos régimen automotor del año 2000, etcétera.

²¹ Esto se explica por dos razones complementarias. Por un lado, la asistencia tecnológica de las instituciones no es adecuada y frecuentemente involucra procedimientos engorrosos y complicados (Yoguel *et al.*, 1998). Por el otro lado, la demanda potencial de las firmas tiene un perfil muy específico que muchas de las instituciones oficiales no estarían en condiciones de ofertar.

3.2. Capacidad innovativa

La capacidad innovativa de los agentes constituye uno de los planos centrales en el desarrollo de las competencias de la trama analizada. En esta sección se analizan las dimensiones que la componen: *el grado de aseguramiento de la calidad, el peso de los nuevos productos en las ventas, el desarrollo, mejora y adaptación de nuevos productos y procesos, nuevas formas de marketing, implementación de JIT interno y de nuevas formas de gestión, y el quantum de recursos humanos involucrados* en estas actividades.

Los requerimientos en materia de aseguramiento de la calidad se han convertido en un requerimiento básico para ser proveedor de las terminales en el nuevo escenario, lo que se manifiesta en la elevada proporción de firmas con certificación de estándares de calidad: ISO 9002, Qs9000, AQF, EAQF, VDA y Formel Q. El 76% de las firmas ha certificado normas ISO 9002 con escasas diferencias entre los distintos tipos de agentes, Pymes y ET.²²

La disminución significativa del ciclo de vida de los productos ha obligado a un *aggiornamento* continuo de los productos elaborados, que obliga a efectuar adaptaciones de diseño y de proceso (en particular para las firmas más conectadas con la terminal), por lo que para más de un tercio de las firmas del panel, los nuevos productos representan más del 80% de las ventas (ver tabla 10, AE). Los datos permiten afirmar que, en términos de productos y procesos, el diseño y el desarrollo se centra en cambios incrementales y adaptaciones.²³ Casi la totalidad de las firmas proveedoras ha efectuado desarrollos y mejoras de productos. A su vez, la proporción de proveedores que hicieron adaptaciones de productos y JIT interno fue muy importante (72% y 60% respectivamente).

Al analizar las actividades de desarrollo planteadas por las firmas (desarrollo y mejora de productos, adaptación de productos, desarrollo de nuevos procesos, mejora de procesos, desarrollo de nuevas formas de distribución y JIT interno) merece destacarse que más de la mitad de los proveedores llevaron múltiples actividades en esta línea (ver tabla 11, AE).

Hay influencia de las terminales en las actividades de desarrollo y mejora de productos y procesos, reforzando la idea vertida anteriormente acerca de los incipientes intercambios no-precio existentes entre el agente

²² A su vez casi la totalidad de las proveedoras tienen un número razonable de puntos de control en los que estiman al menos tres estadísticos entre los que destacan la distribución de frecuencias, los diagramas de causa-efecto, los gráficos de control de variables, el control estadístico de atributos, etc. En ese contexto, destacan las firmas ET y las de IED, que en casi su totalidad utilizan más de tres estadísticos (ver tabla 8, AE).

²³ Sin embargo, para algunas partes y subconjuntos, los proveedores (nacionales o globales) requieren una alta capacidad de adaptación y de diseño.

coordinador y los proveedores. Esta exigencia-asesoramiento está focalizada en las áreas de desarrollo y mejora de productos (70% de los casos), mejora en procesos²⁴ y adaptación de productos (45% de los casos respectivamente). Por el contrario, el agente coordinador tiene una muy escasa influencia en las importantes transformaciones organizacionales efectuadas por los proveedores, anticipando la menor relevancia exigida al plano de tecnologías de gestión social en la competitividad de los agentes.

Las actividades de mejoramiento e innovación son llevadas a cabo en la mayor parte de los casos por grupos de carácter estable que adquieren distintos grados de formalidad, de los cuales casi la mitad están constituidos como laboratorios de I+D. Esto revela la difusión que alcanzan los procesos de innovación incluso entre los agentes de menor tamaño relativo. Mientras entre las empresas de IED/ID tienen mayor propensión a realizar las actividades de desarrollo en laboratorios de I+D, entre los proveedores locales de menor tamaño predomina una modalidad informal de actividades de desarrollo, semejante a la de las empresas Pymes de otros sectores (Yoguel y Boscherini, 1999).

Debe destacarse, asimismo, la importancia de los recursos humanos asignados a esas tareas. Así, en un cuarto de las firmas el personal exclusivo abocado a tareas de desarrollo es superior al 10% de la ocupación total, proporción que alcanza un nivel significativamente superior entre las ET (ver tabla 12, AE).

Un rasgo distintivo del panel de firmas que integran la trama productiva es que la totalidad de los agentes realizan esfuerzos en materia de capacitación, lo que adquiere relevancia porque en casi el 80% de las firmas esta actividad tiene estructura propia, responsable del diagnóstico, planificación y desarrollo de esas actividades, diferenciada dentro del área de recursos humanos (ver tabla 14, AE). La importancia asignada a este tema se manifiesta en que los esfuerzos son encarados hacia todos los niveles, abarcando una parte significativa de la dotación de las plantas. A pesar de este aspecto positivo, es interesante notar que se trata de una actividad básicamente individual de las firmas con escasa intervención del agente coordinador, lo que refleja la reducida asociación existente entre el plano de la capacidad innovativa y el de los estilos de vinculación.²⁵

²⁴ En esta línea, los Programas de Mejora Continua (como el KVP2 de Volkswagen) actúan de manera directa sobre economía de tiempos, ahorro de materiales, cambios en el *lay out* y mejoramiento de las relaciones en los equipos de producción.

²⁵ Si bien la terminal tiene alguna influencia sobre la decisión de hacer capacitación en una proporción importante del panel, ésta es poco significativa en aspectos claves como la elección de la metodología, la identificación de los destinatarios y en la evaluación. Es decir, la participación se limita a la exigencia y a una definición genérica de áreas involucradas, sin extenderse a ámbitos significativos para la determinación de la eficacia de la actividad.

El valor asignado a la capacitación constituye una dimensión que articula la capacidad innovativa con el lugar asignado a los recursos humanos, es decir al plano de tecnología de gestión social.

3.3. Tecnologías de gestión social

Respecto a las tecnologías de gestión social la situación encontrada es heterogénea y variada. La investigación muestra transformaciones en materia de organización del trabajo tendientes a un predominio de células de producción (el 61% de las firmas y un 65% de los trabajadores). Al mismo tiempo hay una tendencia importante hacia el enriquecimiento de tareas (72%), aunque no es despreciable el 28% de los casos que han realizado simplificación de puestos. Las firmas de IED parecerían haberse inclinado en mayor medida hacia las técnicas vinculadas con el primero.

El predominio de la organización del trabajo en células o equipos –algo mayor en las empresas de IED– no está necesariamente asociada con una mayor delegación de responsabilidades a los trabajadores de estos grupos. Alguna bibliografía menciona la importancia adjudicada en los nuevos modelos productivos a los trabajadores. Sin embargo, en el panel estudiado –confirmando resultados de investigaciones anteriores (Novick *et al.*, 1997)– la delegación se limita a tareas de control de calidad más que a cualquier otra función. En efecto, la responsabilidad de estas células está focalizada en los controles de calidad (67%), y en mucha menor medida a la determinación de estándares y ritmos. Significativamente, a pesar de la extensión del uso de maquinaria basada en la electrónica, son pocos los casos en los que la responsabilidad sobre la programación de la maquinaria es adjudicada a los trabajadores (en el 82% de las firmas encuestadas, los miembros de los equipos no programan o lo hacen sólo ocasionalmente).

Un panorama semejante se evidencia al tratar el tema de la polivalencia. El modelo predominante encontrado parecería centrarse en procedimientos de rotación entre puestos diferentes, pero de categorías similares, de complejidad semejante e intercambiable entre los equipos de trabajo, alejado de los modelos de multi-*skills* e involucramiento en las diferentes fases del proceso, que pregona alguna literatura (Coriat, 1993).

Respecto a cómo se gestionan las células, se observa la coexistencia de mecanismos de supervisión tradicional con casos en los que actúan como facilitadores emergentes del mismo equipo de trabajo y otros en los que el supervisor actúa con un carácter más técnico y está a cargo de varias células (que constituye la posición mayoritaria con el 44% de los casos, siendo esta modalidad algo más frecuente en las empresas de capital nacional que en las IED). De todas maneras estos datos (en los que sólo el

24% tiene supervisión tradicional) estaría mostrando un proceso de transformación en los sistemas de control del trabajo que va pasando de un carácter disciplinador a uno de carácter más técnico y profesional.

La heterogeneidad identificada en materia de organización del trabajo en las firmas de la “trama” pone de manifiesto procesos de transformación acotados y limitados en el nivel microsocioal. Desde la perspectiva de la trama hay escasa injerencia de los coordinadores en esta materia, y no es considerado como un tema prioritario. Por el contrario, los temas de intensidad de trabajo, de mejora de tiempos, de eliminación de “poros” en la jornada laboral, constituyen, en cambio, las dimensiones de interés tanto de los agentes coordinadores como de las firmas de modo autónomo.

Acorde con esta actitud de escasa valorización a los nuevos “modelos” de organización de los recursos humanos, el sistema de remuneraciones se basa en asignaciones de tipo tradicional o fordista. La mayoría de las empresas premia “presentismo” y la productividad –que en muchos casos es sólo aumento de producción– y no se evidencia en incentivos para aspectos ligados al trabajo grupal o a la capacitación, por mejoras en la calidad o polivalencia. Esta conducta se manifiesta en que el porcentaje del salario variable es muy bajo (en la mayoría de los casos no supera el 10%).

Este conjunto de aspectos se explica por la escasa importancia que se le adjudica al recurso humano en las nuevas bases de la productividad. O simplemente, es consecuencia de los débiles mecanismos de intercambio entre las firmas, lo que constituiría un nuevo signo de la fragilidad de la trama, o se constituye en un modelo de relaciones salariales no “canónico” (Durand, Stewart, Castillo, 1998) y se inscribe en alguno de los modelos neofordistas “poros” o neofordistas con indicios embrionarios de *lean production*.

En lo referente a los mecanismos de generación de acuerdos sociales, se encontró una diversidad de situaciones producto tanto de las estrategias de las firmas como de los patrones de relaciones laborales sectoriales existentes. Las empresas terminales y el sindicato respectivo lograron firmar acuerdos consensuados en materia tanto de flexibilidad tecnorganizativa como de mecanismos *ad-hoc* para la resolución de las situaciones de crisis. Por el contrario, en las firmas autopartistas la situación no es uniforme. Se encontraron comportamientos variables de acuerdo con el origen del capital, por un lado, y el tipo de sindicalismo que actuó como contraparte, por otro.²⁶ Las empresas de IED tienen una tasa de generación de acuerdos específicos por firma superior a las de capital nacional y a las Pymes. Sin embargo,

²⁶ En particular, el gremio metalmecánico no ha aceptado la negociación por empresa, lo que dificultó la generación de acuerdos entre las partes.

a pesar del bajo número relativo de empresas con convenios colectivos y/o acuerdos actualizados a los nuevos procesos de trabajo, las categorías profesionales vigentes son, en general, particulares a cada empresa y no guardan relación con los convenios existentes. Esto estaría demostrando un importante margen de poder empresarial en la determinación de la organización del proceso de trabajo.

3.4. Vinculación entre los planos que permiten caracterizar la trama

Además del comportamiento de cada plano y de cada factor que lo determina, importa conocer la interrelación existente entre ellos. La hipótesis de partida según se ha desarrollado en el punto 2.2.4 era la existencia de cierta coherencia de conducta entre los distintos planos.

Para ello se elaboraron índices agregados de cada uno de los planos que resumen sus rasgos más importantes y permiten evaluar el grado de vinculación que muestran entre sí y con algunas variables de corte consideradas a lo largo del trabajo tales como la jerarquía de los proveedores y el tipo de agentes involucrados.

A efectos de sintetizar el conjunto de elementos que determinan el “estilo de vinculación” entre agentes, se elaboró un indicador construido a partir de algunos de los factores mencionados anteriormente, en especial los referidos a los mecanismos no-precio.²⁷ Este indicador se cruzó por tipo de empresa y por el grado de importancia del proveedor para la terminal.

Como se observa en el cuadro 1, la distribución de la intensidad de vinculación no depende de la jerarquía de los proveedores, lo que significa que el indicador no está asociado a la importancia asignada por la terminal a los agentes.²⁸ Por otro lado, sólo el 17% de las firmas de la trama tienen un alto índice de vinculación, lo que corrobora las afirmaciones en relación a la debilidad de la trama.

²⁷ El índice estimado es una agregación de los puntajes atribuidos a cada uno de los siguientes 10 factores: i) asistencia técnica de las terminales; ii) uso de infraestructura y laboratorios; iii) apoyo de las terminales en actividades de desarrollo; iv) apoyo de las terminales en actividades de gestión; v) participación de las terminales en actividades de capacitación; vi) cooperación con otros agentes; vii) transferencia de tecnología; viii) profundidad de la vinculación con otras instituciones; ix) realización de actividades del programa KVP2 de Volkswagen y x) vinculaciones informales con otros agentes para el desarrollo de actividades innovativas. Cada uno de los factores tienen –en general– valores comprendidos entre 0 y 4, y el nivel máximo del indicador alcanza a 35 puntos. El máximo nivel de vinculación se le asigna a los agentes que alcanzan más del 60% del puntaje máximo, el mínimo nivel corresponde a los que alcanzan menos del 30% y el nivel medio a los comprendidos entre ambos extremos.

²⁸ La probabilidad de aceptar la hipótesis de no asociación entre las variables es del 91%.

Cuadro 1. Distribución de firmas por importancia como proveedor según desarrollo alcanzado en el “estilo de vinculación”

Importancia	Intensidad de vinculación			Total general
	Baja %	Media %	Alta %	
Prioritarios	26	58	16	100
Secundarios	31	50	19	100
Total general	29	54	17	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de entrevistas realizadas a los proveedores de Volkswagen.

Cuadro 2. Distribución de firmas por tipología de agentes según desarrollo alcanzado en el “estilo de vinculación”

Categoría	Intensidad de vinculación			Total general
	Baja	Media	Alta	
Prioritarios	26	58	16	100
Pymes	18	64	18	100
Grandes	0	50	50	100
IED mayor al 50%	33	67	0	100
ET	50	30	20	100
Total general	29	54	17	100

Nota: Pymes: Pequeñas y Medianas Empresas. IED: Inversión Extranjera Directa. ET: Empresas Transnacionales.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de entrevistas realizadas a los proveedores de Volkswagen.

Significativamente, el estilo de vinculación tampoco está asociado a la tipología de agentes considerados, aunque aumenta levemente en relación a las Pymes,²⁹ como reflejo de la necesidad de estos agentes de aumentar sus competencias recurriendo a activos que se encuentran fuera de la firma. La debilidad de las relaciones de las ET con los agentes locales está explicada, por otro lado, por la mayor frecuencia e intensidad de vinculaciones con sus casas matrices.

El indicador de capacidad innovativa toma en cuenta un conjunto de respuestas combinadas de las empresas.³⁰ Analizado de manera indivi-

²⁹ La probabilidad de aceptar la hipótesis de no asociación negativa es del 19% y el coeficiente de correlación de -0.20, denotando que existe una relación inversa débil. Es decir, aumenta la profundidad de la vinculación a medida que se pasa de los agentes ET a Pymes.

³⁰ Prioriza seis factores cuali-cuantitativos: i) capacitación; ii) número de normas de calidad ponderadas; iii) número de actividades de desarrollo; iv) proporción de exclusivos en actividades de desarrollo; v) actividades de desarrollo vinculadas a la organización y

dual, casi el 40% de los proveedores alcanza el nivel máximo del indicador, revelando que esto constituye una condición necesaria para poder integrar la trama. En ese marco existe una relación inversa entre el nivel alcanzado por el indicador y el tamaño de los agentes.³¹

Cuadro 3. Distribución de firmas por categoría según nivel de capacidad innovativa

<i>Tipo de proveedor</i>	Capacidad innovativa			<i>Total</i>
	<i>Baja</i>	<i>Media</i>	<i>Elevada</i>	
ET	0	33	67	100
IED	0	0	100	100
Grandes	0	40	60	100
Pymes	47	35	18	100
Total General	23	40	37	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de entrevistas realizadas a los proveedores de Volkswagen.

A diferencia del caso de estilos de vinculación, la proporción de firmas prioritarias de elevada capacidad innovativa es muy superior a la correspondiente a los proveedores secundarios: 71 % y 14% respectivamente.³²

Cuadro 4. Distribución de firmas por categoría según nivel de capacidad innovativa

<i>Tipo de proveedor</i>	Capacidad innovativa			<i>Total</i>
	<i>Baja</i>	<i>Media</i>	<i>Elevada</i>	
Prioritarios	0	29	71	100
Secundarios	38	48	14	100
Total General	23	40	37	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de entrevistas realizadas a los proveedores de Volkswagen.

gestión; vi) peso de los nuevos productos en las ventas de las firmas. A cada factor se le asignan puntajes posibles en función de las respuestas de las firmas de la trama. El indicador se construye como una sumatoria de los puntos asignados a cada uno de los factores, alcanzando un valor máximo de 31 puntos. Se asigna un valor elevado a las firmas que alcanzan más del 70% del valor máximo, bajo menos del 58% e intermedio a los restantes.

³¹ La vinculación entre ambas variables se revela en que la probabilidad de aceptar la hipótesis de ausencia de asociación es de sólo el 0.9% y el coeficiente de correlación de Kendall de 0.38.

³² La vinculación entre ambas variables se revela en que la probabilidad de aceptar la hipótesis de ausencia de asociación es de sólo el 0.1% y el coeficiente de correlación de Kendall de 0.49.

Por último, se estimó un indicador del plano de “Tecnologías de Gestión Social” que toma en cuenta el porcentaje de la producción organizada en células o equipos de trabajo, el rol de la jerarquía en los mismos, el tipo de generación de acuerdos consensuados y el sistema de remuneración vigente.

Cuadro 5. Distribución de firmas por categoría según nivel de tecnología de gestión social

<i>Tipo de proveedor</i>	Tecnología de gestión social			<i>Total</i>
	<i>Fragmentaria</i>	<i>Media</i>	<i>Sistémica</i>	
Prioritarios	27	47	27	100
Secundarios	35	60	5	100
Total General	31	54	14	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de entrevistas realizadas a los proveedores de Volkswagen.

El rasgo más importante que resalta es que sólo el 14% de las firmas alcanzan un nivel de tecnología de gestión social sistémica, proporción que es algo más alta en los proveedores prioritarios que en los secundarios. Esto se vincula con el hecho de que las firmas con algún grado de inversión extranjera directa –que en su mayoría se ubican en el grupo de proveedores prioritarios– han instalado modelos de organización del trabajo algo más cercanos al tipo “sistémico”, incluyendo el componente de generación de acuerdos consensuados, ligados también a negociación colectiva descentralizada con un tratamiento importante de los temas de organización del trabajo y nuevas categorías profesionales.

<i>Tipo de proveedor</i>	Tecnología de gestión social			<i>Total</i>
	<i>Fragmentaria</i>	<i>Media</i>	<i>Sistémica</i>	
ET	40	50	10	100
IED	0	83	17	100
Grandes	S/d	S/d	S/d	100
Pymes	41	53	6	100
Total General	31	54	14	100

La inexistencia de diferencias (para los indicadores de estilos de vinculación y tecnologías de gestión social) entre los niveles de proveedores según la importancia asignada por la terminal, estarían confirmando que se trata de una trama débil, con poco peso de estructura de anillos, lo que genera interrogantes sobre la sinergia posible de la trama y, por lo tanto, sobre las ventajas competitivas dinámicas factibles de alcanzar.

La vinculación entre los tres planos considerados es muy reducida (ver tablas 15-17, AE) lo que refuerza la idea del carácter lábil de la trama industrial analizada.³³ En especial, la nula asociación existente entre la capacidad innovativa y los estilos de vinculación reflejarían que los mayores valores obtenidos en el primer índice corresponden a estrategias individuales de las firmas. En consecuencia, las competencias endógenas generadas no circulan a lo largo de la trama y no se producen mecanismos sinérgicos.

El análisis de estos índices y el conjunto de datos descriptos a lo largo del documento, permitiría afirmar que el eje de la competitividad de estas firmas se restringe a los aspectos *hard*, esto es, a mejoras en la calidad, desarrollos incrementales de productos y procesos, y capacitación (que constituyen elementos imprescindibles para sobrevivir en el mercado). Por el contrario, el menor peso alcanzado por los estilos de vinculación, y las tecnologías de gestión social (que potenciarían los aprendizajes y conocimientos entre las firmas y un mayor involucramiento del recurso humano) significan descuidar factores *soft* cuya presencia potenciaría el desarrollo de ventajas competitivas de los agentes tanto de manera individual como de manera colectiva.

4. Reflexiones finales

En este trabajo se presenta una reflexión teórica sobre los planos considerados para definir una trama productiva, partiendo de la idea de que, en el pasaje de una concepción de competitividad individual de los agentes a una visión sistémica, estos planos y su interacción constituyen elementos clave en el desarrollo de competencias de los agentes, y en la creación de ventajas competitivas dinámicas. Para poder evaluar este conjunto de cuestiones se aplicó esta metodología a un conjunto representativo de proveedores de Volkswagen en Argentina.

En primer lugar, debe destacarse que el desarrollo de las relaciones no-precio y la relación de sinergias entre los agentes se encuentra debilitado por el elevado peso de las importaciones de la terminal y de los principales proveedores, las relaciones radiales entre los diferentes agentes,

³³ El análisis de correlación no paramétrica (τ de Kendall) entre los tres planos permite rechazar la hipótesis de asociación. Así, la probabilidad de rechazo de esta hipótesis es del 93% entre el plano de capacidad innovativa y estilos de vinculación, del 59% al vincular el primer plano mencionado y el correspondiente a las tecnologías de gestión social, y del 10% al confrontar el de estilo de vinculación y la tecnología de gestión social.

el bajo peso de las relaciones de compra-venta entre las proveedoras, la inexistencia de contratos y los acuerdos de entrega sujetos a constantes reprogramaciones unilaterales. Por otro lado, en términos estilizados, la capacidad innovativa de las firmas es mediana y con fuerte heterogeneidad y la organización del trabajo es predominantemente neo-fordista, con algunos aspectos de *lean production*. El nivel de desarrollo alcanzado por los estilos de vinculación entre agentes y las tecnologías de gestión social no depende de la jerarquía de los proveedores desde el punto de vista de las terminales ni del tamaño de los proveedores.

La escasa relación existente entre las tres dimensiones del análisis permite caracterizar a la trama como más cercana al extremo débil, con una labilidad importante y con esfuerzos volcados al logro de una eficiencia estática de corto plazo más que a la búsqueda de una eficiencia dinámica. Sin embargo, existen algunos elementos que atenúan esa labilidad. Se detecta un esfuerzo importante —en capacidad innovativa— por parte de todas las firmas en materia de calidad (potenciado por la asistencia-exigencia de los agentes coordinadores) y de capacitación y, en particular en algunas empresas, con avances interesantes en materia de desarrollo y adaptaciones de productos y procesos. La cantidad de personal involucrado en actividades de I+D es relativamente significativa. Se observa un uso incipiente de laboratorios e infraestructura de los agentes coordinadores por parte de los proveedores. Sin embargo, debe recordarse que estos factores constituyen una condición necesaria para la supervivencia de los agentes como proveedores de las terminales.

El papel de las empresas transnacionales es crítico para la trama, en la medida que son los agentes con mayor capacidad innovativa. En este sentido el modelo de trama es más cercano al de “relaciones entre grandes firmas” que a cualquier otro modelo de los descriptos por la literatura. La importancia de las relaciones entre estas firmas con sus casas matrices, de una naturaleza radial y jerárquica, es por otro lado un elemento que contribuye a fortalecer sus capacidades individuales, pero que debilita sus relaciones con los agentes en la trama local.

En resumen, esta compleja red de relaciones parciales pone en cuestión la misma definición de “consorcio modular” para el caso argentino, no sólo por los mecanismos de *insourcing* y procesos de integración vertical que se están llevando a cabo, sino por la ausencia de relaciones vinculares diferentes entre las firmas asociadas y el resto de las empresas.

Como reflexión final cabe señalar que la respuesta a estos dilemas no depende sólo de las estrategias micro de las firmas ni del nivel meso de la trama. Su sendero evolutivo en los noventa ha mostrado que los elementos macroeconómicos constituyen un eje central que condiciona el

grado de debilidad o virtuosidad. Del mismo modo, escenarios estables macroeconómicos en los países de la región se constituyen en una condición necesaria pero no suficiente.

Apéndice descriptivo

Rasgos centrales del panel

La dinámica del complejo automotriz argentino en los noventa derivó en un proceso de fuertes compras, fusiones, adquisiciones, acuerdos estratégicos y desapariciones que cambiaron la estructura del sector autopartista. Como consecuencia, se redujo significativamente el número de empresas y aumentó la internacionalización del capital. Estas tendencias se ven reflejadas en el panel de firmas autopartistas proveedoras analizadas en este trabajo, donde adquieren importancia los agentes de mayor tamaño tanto en términos de ocupación como de ventas, con una importante proporción de inversión extranjera directa y con elevados niveles de productividad

Caracterización del panel de firmas encuestadas

- 236 personas promedio por planta
- 35 millones de pesos de ventas anuales promedio por planta
- El 48% de las firmas tiene más de una planta
- El valor producción por ocupado es de 146 mil 600 pesos
- La mitad de las firmas tienen IED
- Predominan las actividades de estampado, partes eléctricas y electrónicas, forja, aluminio, plásticos, mecanizado y pintura.³⁴

Las empresas transnacionales (ET) constituyen algo menos de un tercio de los proveedores pero dan cuenta de alrededor del 80% de las compras locales y de casi la mitad de las compras totales de la terminal automotriz analizada (ver tabla 1, AE). Por el contrario, las Pymes subcontratistas constituyen algo menos de la mitad de los proveedores y representan un décimo de las compras nacionales y el 6% de las compras totales. A su vez, la fuerte diferencia en el peso de las compras nacionales y totales

³⁴ Con la excepción de pintura, mecanizado, plásticos grandes y tapizado, donde la mayor parte de las firmas son de inversión extranjera directa, en el resto de los rubros coexisten firmas nacionales y extranjeras, siendo mayor la participación de firmas nacionales en plásticos resto, goma, neumáticos, partes estándar y estampado.

se refleja en el considerable peso de las importaciones, las que para el complejo automotor en su conjunto representarían alrededor del 40% de las compras totales de materias primas, conjuntos y subconjuntos.³⁵

Resulta interesante destacar también la menor participación de las Pymes cuando se analiza la jerarquía de los proveedores desde el punto de vista de la importancia asignada por la terminal. Así, las Pymes, que constituyen el 46% de los proveedores, sólo dan cuenta de un cuarto de los de máxima importancia para la terminal y constituyen casi dos tercios de los de menor importancia relativa. En el caso de las ET, la situación es exactamente inversa. Dan cuenta del 44% de los proveedores más significativos y sólo del 19% de los de menor importancia relativa para la terminal.

Apéndice metodológico

Índice de la capacidad innovativa

Factores considerados:

- Entrenamiento: el indicador oscila entre 0 y 4. Asume el valor 4 en los que casos en que hay capacitación y estructura propia, 1 capacitación sin estructura propia, 0 no hace capacitación.
- Número de estándares de calidad ponderados: el indicador oscila entre 0 y 7. Asume valor 7 si tiene ISO 9002 (3 puntos) y el resto de las 5 normas consideradas y 0 cuando no tiene normas.
- Número de actividades de desarrollo: el indicador oscila entre 6 y 0. Asume el máximo valor cuando la firma realiza todas las actividades incluidas en el formulario y 0 cuando no realiza ninguna.
- Porcentaje de RRHH: el indicador oscila entre 0 y 5. Asume el máximo valor cuando la proporción es superior al 10% de la ocupación, 4 más del 5%, 3 entre 1 y 5%, 2 menos de 1% y 1 cuando es 0.
- Actividades de desarrollo vinculadas a la organización y gestión: el indicador oscila entre 0 y 4. Asume el máximo valor cuando la firma realiza todas las actividades incluidas en el formulario y 0 cuando no realiza ninguna.
- Peso de los nuevos productos en las ventas: el indicador oscila entre 6 y 1. El mayor corresponde a las situaciones en las que el peso es

³⁵ Esta relación se aplicó al caso de la terminal estudiada a los efectos de estimar el peso de los proveedores locales pertenecientes a los distintos grupos en las compras totales de la empresa. Por el contrario, en el resto de la industria manufacturera esta relación es significativamente inferior.

100%, 5 más de 80%, 4 entre 50 y 79%, 3 entre 21 y 49%, 2 menor o igual a 20% y 1 cuando es 0.

Estilos de vinculación

- Asistencia técnica de las terminales: el indicador oscila entre 0 y 4; asume 4 en los caso en los que Volkswagen les presta asistencia en mejora de calidad, desarrollo y diseño de productos, organización del proceso de trabajo y producción y otros, y va decreciendo a medida que disminuyen las áreas de asistencia.

- Uso de infraestructura y laboratorios, el indicador puede asumir tres valores, 4 cuando la firma usa infraestructura y laboratorios, 2 cuando utiliza alguno de los dos y 0 cuando no utiliza ninguno.

- Apoyo de Volkswagen en las actividades de desarrollo: el indicador puede asumir valores comprendidos entre 0 y 6; asume el máximo valor cuando la terminal participa en desarrollo y mejora de productos, adaptación de productos, desarrollo de nuevos procesos, mejora en procesos, cambios en la distribución, JIT interno y relación proveedor cliente, y va decreciendo a medida que disminuyen las áreas de asistencia.

- Apoyo de Volkswagen en las actividades de gestión: el indicador oscila entre 0 y 5; asume el máximo valor cuando la terminal apoya a la proveedora en actividades de gestión y planificación estratégica, mejoras en la estructura organizativa, profesionalización y/o desarrollo gerencial, reingeniería de procesos administrativos y otros, y va decreciendo a medida que disminuyen las áreas de asistencia.

- Participación de la terminal en actividades de entrenamiento: el indicador oscila entre 0 y 7, y asume el máximo valor cuando la terminal tiene incidencia en la decisión de hacer capacitación, las áreas temáticas involucradas, la metodología, los destinatarios, la elección de los oferentes, la evaluación y otros, y va decreciendo a medida que disminuyen las áreas de asistencia.

- Cooperación con otros agentes: oscila entre 0 (no tiene acuerdos de cooperación), 2 (coopera sólo en comercialización y/o compra de insumos) y 4 (coopera en compra de tecnología y/o capacitación y/o exportación y otros).

- Transferencia de tecnología: 0 no recibió, 2 recibió de la casa matriz y 4 recibió de terminales automotrices, proveedores de tecnología, etcétera.

- Conversaciones informales con colegas: considera un umbral mínimo de temáticas y la proporción de temáticas de mayor complejidad relativa (exigencia de las terminales, negocios en el Mercosur, posibilidad de desarrollar negocios conjuntos, búsqueda de socios, etc.). Asume valores

comprendidos entre 0 (ausencia de vínculos) y 4 (más de tres temáticas y más del 80% de temáticas de mayor complejidad).

- Profundidad de las vinculaciones con otras instituciones: el indicador asume valores entre 0 y 5; el máximo corresponde al caso en el que la firma utiliza las instituciones para i) ensayos, ii) análisis y metodología, iii) búsqueda, procesamiento y análisis de información tecnológica y de mercado, iv) seminarios y cursos de capacitación, v) proyectos de investigación y desarrollo.

- KVP2: el indicador asume 0 cuando la firma no realizó el programa y crece a medida que aumentan los temas en los que la incidencia sobre la firma fue muy significativa (mejoras de procesos y productos, mejor uso de la capacidad instalada, menor número de rechazos y retrabajos, mejor interacción interna de los equipos y entre equipos, mejora del *lay-out* y mejor uso de materias y materiales).

Tecnologías de gestión social

- Porcentaje de la producción organizada en células.
- Papel jugado por el supervisor.
- Generación de acuerdos consensuados.
- Sistemas de remuneración.

Apéndice estadístico

Tabla 1. Participación de los diferentes tipos de proveedores en las compras de la terminal

Tipo de firma	% del número total de proveedores	% de compras de las terminales locales	% de compras totales de las terminales
ET c/	30	79	48
IED mayor al 50% c/	19	6	3
Grandes firmas locales	5	4	3
Pymes a/	46	10	6
Total	100	100	60 b/

Notas: a/ firmas con ventas inferiores a los 18 millones de pesos por año que no pertenecen a un grupo económico y no tienen inversión extranjera directa; b/ se considera que proporción de importaciones sobre las compras totales del complejo automotriz alcanza el 40%; c/ IED inversión extranjera directa; ET, empresa transnacional .

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 2. Compras de otros agentes a las proveedoras de la terminal

Tipo de firma	Otras autopartistas	Otras proveedoras	Importaciones	Total
ET c/	1	46	53	100
IED mayor al 50% c/	16	48	35	100
Grandes firmas locales	0.4	45.5	54.1	100
Pymes a/	6	74	20	100
Total				

Notas: *idem* tabla 1.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 3. Ventas de los proveedores a otros agentes

Tipo de agente	VW	Otras terminales	Exportaciones	Auto-partistas	Reposición	Otros sectores	Total
ET c/	20	39	30	3	2	7	100
IED mayor al 50% c/	7	35	17	25	1	15	100
Grandes firmas locales	5	22	36	0	36	0	100
Pymes a/	24	40	3	10	20	3	100
Total	12	33	23	11	15	7	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 4. Distribución de proveedores por tipología de agentes según importancia del subcontrato con otros agentes

Tipo de firmas	No subcontratan	Servicios	Servicios e Industria	Total
ET c/	11	67	22	100
IED mayor al 50% c/	0	40	60	100
Grandes firmas locales	0	100	0	100
Pymes a/	31	31	38	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 5. Distribución de proveedores por tipología de acuerdo a la forma predominante de entrega

Tipo de agente	Tradicional	Consolidador	JIT	Total
ET c/	20%	55%	25%	100
IED mayor al 50% c/	50%	25%	25%	100
Grandes firmas locales	0%	20%	80%	100
Pymes a/	25%	25%	50%	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 6. Distribución de proveedores por tipología según a la asistencia recibida de VW en diversas áreas

Tipo de agente	Calidad	Desarrollos	Proceso de trabajo	Otras
ET c/	65%	41%	29%	12%
IED mayor al 50% c/	0%	0%	0%	0%
Grandes firmas locales	43%	29%	29%	0%
Pymes a/	18%	9%	36%	0%
Total	43%	27%	30%	5%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 7. Distribución de los proveedores por tipología de acuerdo a la importancia de los acuerdos de cooperación

Tipo de agente	Sin acuerdos	Con acuerdos	
		Escasa complejidad	Mayor complejidad
ET c/	59%	12%	24%
IED mayor al 50% c/	0%	0%	100%
Grandes firmas locales	43%	14%	14%
Pymes a/	55%	0%	27%
Total	51	8	27

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 8. Distribución de proveedores por tipología según número de estadísticos estimados en los puntos de control

Tipo de firma	Hasta tres estadísticos	Más de tres estadísticos
ET c/	10	90
IED mayor al 50% c/	0	100
Grandes firmas locales	50	50
Pymes a/	24	76
Total	17	83

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 9. Distribución de firmas por tipología de acuerdo al número de estándares de calidad

Tipo de agente	Hasta dos estándares	Más de dos estándares	Total
ET c/	27	73	100
IED mayor al 50% c/	50	50	100
Grandes firmas locales	57	43	100
Pymes a/	82	18	100
Total	59	41	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 10. Distribución de proveedores por tipología de acuerdo al peso de nuevos productos en las ventas en los últimos cuatro años

Tipo de firma	Más del 80%	50-80	30-50	Menos del 30%	Total
ET c/	33	11	22	44	100
IED mayor al 50% c/	40	20	20	20	100
Grandes firmas locales	100	0	0	0	100
Pymes a/	33	27	13	27	100
Total	35	19	16	29	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 11. Distribución de firmas por tipología de acuerdo al número de actividades de desarrollo llevadas a cabo

Tipo de agente	Hasta 2 actividades	3 y 4	Más de 5	TOTAL
ET c/	10	40	50	100
IED mayor al 50% c/	0	33	67	100
Grandes firmas locales	0	0	100	100
Pymes a/	18	29	53	100
Total	12	32	56	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 12. Distribución de firmas por tipología de acuerdo a la proporción de personal exclusivo en los equipos de desarrollo

Tipo de agente	Sobre 10%	Entre 5 y 9.9	De 1 a 4.9	Menos de 1	Cero	Total
ET c/	57	0	0	14	29	100
IED mayor al 50% c/	0	20	60	20	0	100
Grandes firmas locales	-	-	-	-	-	-
Pymes a/	19	31	6	0	44	100
Total	25	21	14	7	32	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 13. Distribución de proveedores por tipología de acuerdo al número de actividades de desarrollo en el área de administración a/

Tipo de agente	0	1	3	4	Total
ET c/	0	0	30	70	100
IED mayor al 50% c/	0	0	33	67	100
Grandes firmas locales	0	50	0	50	100
Pymes a/	12	12	24	53	100
Total	6	9	26	60	100

a/ las alternativas eran management y planeamiento estratégico y/o mejoras en la estructura organizativa de la firma; profesionalización y/o desarrollo gerencial y re-ingeniería de los procesos administrativos.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 14. Distribución de firmas por tipología según actividades de capacitación

Tipo de agente	Sin capacitación	Sin estructura propia	Con estructura propia	Total
ET c/	0	9	91	100
IED mayor al 50% c/	0	17	83	100
Grandes firmas locales	0	0	100	100
Pymes a/	0	35	65	100
Total	0	23	77	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 15. Distribución de oferentes por estilos de vinculación según capacidad innovativa

Índice de vinculaciones	Índice de innovación			Total
	Bajo	Medio	Alto	
Bajo	30	18	36	29
Medio	70	55	43	54
Alto	0	27	21	17
Total	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 16. Distribución de oferentes por estilos de vinculación según tecnologías de gestión social

Índice de vinculación	Fragmentarias	Tecnologías de gestión social		Total
		Medias	Sistémicas	
Bajo	46	28	0	29
Medio	36	67	60	56
Alto	18	5	40	15
Total	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Tabla 17. Distribución de oferentes por tecnologías de gestión social según capacidad innovativa

Capacidad innovativa	Fragmentarias	Tecnologías de gestión social		Total
		Medias	Sistémicas	
Bajo	23	13	0	29
Medio	9	41	31	31
Alto	68	46	69	40
Total	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia sobre la base de una encuesta realizada a los proveedores de VW.

Bibliografía

- Abo T. (1994), *The Hybrid factory: the japanese production system in the United States*, Oxford University Press.
- Abo T. (1998), "Hibridization of the Japanese production system un North America, newly industrializing economies, south-east asia and Europe: contrasted configurations", en Boyer, Charron, Jurgens and Tolliday (ed.), *Between imitation and innovation: the transfer and hybridization of productive models in the international automobile industry*, Oxford University Press.
- Abreu A. y Ramallo J. (2000), "A industria automobilística brasileira: o caso do Rio de Janeiro", presentado al 3 Congreso Latinoamericano de Sociología del Trabajo, ALAST, Buenos Aires, Mayo.
- Amin A. and Cohendet P. (1999), "Organizational learning through embedded practices", mimeo UK.
- Altenburg and Meyer-Stamer (1999), "How to promote clusters: policy experience from Latin America", mimeo, submitted to the Seminar on Clusters and Local Innovation Systems organized in September by the Institute of Economics-NEIT, Campinas.
- Bastos Tigre P., Lugones, G; Porta F. and Laplanne, M. (1999), "Cambio tecnológico y modernización de la industria automovilística del Mercosur" en *BID-INTAL Integración y comercio*, N° 7/8, Number 3, January/August.
- Bianchi P. and Miller L. (1994), "Innovation, collective action and endogenous growth: an essay on institutions and structural change", IDSE, Notebook 2.
- Borello J. (1994), *From craft to flexibility. Linkages and industrial governance systems in the development of a capital-goods industry, 1885-1990*, Buenos Aires, CEUR, Research reports.
- Boyer R. (1998), "Hybridization and Models of Production: Geography, History and Theory", en Boyer, Charron, Jurgens and Tolliday (Ed), *Between imitation and innovation: the transfer and hybridization of productive models in the international automobile industry*, Oxford University Press.
- Camagni, R. (1991), "Local «milieu», uncertainty and innovation networks: towards a new dynamic theory of economic space", en Camagni, R. (ed.), *Innovation networks: spatial perspectives*, Belhaven Press, London and New York.
- Carrillo, J. (1997), "Maquiladoras automotrices en México: clusters y competencias de alto nivel", en Novick, M; Gallart, M.A *Competitividad, redes productivas y competencias laborales*, Montevideo, Cinterfor/OIT.
- Coriat, B. (1992), *El taller y el robot, Ensayos sobre el fordismo y la producción en masa en la era de la electrónica*, México, Siglo XXI editores.
- Coriat B. (1993), *Made in France: l'industrie française dans la compétition mondiale*, Le livre de Poche, Paris.
- Durand, J.; Stewart, P.; Castillo, J.J. (1998), *L'avenir du travail á la chaîne*, Paris Le decou-verte.

- Dussel, E. (1998), "La subcontratación como proceso de aprendizaje: el caso de la electrónica en Jalisco (México) en la década de los 90", Santiago de Chile, Proyecto Conjunto CEPAL-GTZ "Políticas para mejorar la calidad, eficiencia y la relevancia del entrenamiento profesional en América Latina y el Caribe" (FRG/96/S38).
- Ernst D. and Lundvall A. (1997), "Information technology in the learning economy, challenges for developing countries", Danish Research Unit for industrial dynamics (DRUID), Working Paper Nro 97'12.
- Fleury A. and Salerno M. (1998), "The transfer and hybridization of new models of production in the Brazilian Automobile Industry" en Boyer, Charron, Juergens and Tolliday (Ed.), *Between imitation and innovation: the transfer and hybridization of productive models in the international automobile industry*, Oxford University Press.
- Humphrey J. (1995), "Industrial reorganization in developing countries. From models to trajectories", *World Development*, 23/1.
- Jurgens U. (1998), "Implanting change: the role of Indigenous transplants in transforming the German productive models", in Boyer, Charron, Juergens and Tolliday (Ed.), *Between imitation and innovation: the transfer and hybridization of productive models in the international automobile industry*, Oxford University Press.
- Katz H. and Darbishire (1998), " Convergencias e divergencias nos sistemas de emprego" en *Revista Latinoamericana de estudios del Trabajo*, Año 4, N 8.
- Kiefer T. (1998), "Volkswagen's Shangai plant: between Chinese tradition and modernization strategy" en Boyer, Charron, Jurgens and Tolliday (Ed), *Between imitation and innovation: the transfer and hybridization of productive models in the international automobile industry*, Oxford University Press.
- Knorringa P. (1997), " Selective cooperation and widespread antagonism: changes in the agra footwear industry", Institute of Development Studies, Sussex; paper presented in April to the Seminar on "Collective efficiency".
- Leborgne, D. and Lipietz, A. (1993), "El postfordismo y su espacio", en *Realidad Económica*, n° 2, Buenos Aires, IADE.
- Leite, M. (1999), "Nuevos desafíos en el mundo del trabajo" , *Sociología del Trabajo* n° 36, primavera, Siglo XXI, España.
- Lugones, G. Sierra, P. (1998), "Cambios en la industria automotriz en los 90's", Documento de Trabajo Nro 9, Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, Universidad de Quilmes.
- Lundvall B. A.(1992), "The learning economy: challenges to economic theory and policy", paper at the EAEPE Conference, Copenhagen.
- Meyer-Krahmer F. (1984), "Measuring innovations output", *Research Policy*.
- Motta, J., Roitter, S., Cuttica, M., Moncarz, P. (1998), "El modelo de organización industrial vigente en el sector automotor argentino a fines de la década de 1990" , Instituto de Economía y Finanzas de la Universidad Nacional de Córdoba, y CEPAL.
- Novick M. (1998), "Estrategias de capacitación y aprendizaje de las firmas. Reflexión sobre empresas innovadoras en Argentina, Brasil y Mexico" , paper prepared for a Joint

- CEPAL-GTZ Project, "Políticas para mejorar la calidad, eficiencia y la relevancia del entrenamiento profesional en América latina y el Caribe (FRG/96/S38).
- Novick, M. (2000), "La organización del trabajo en América Latina", en E de la Garza (comp.) *Tratado Latinoamericano de Sociología del Trabajo Mexico*, Fondo de Cultura Económica (en prensa).
- Novick, M. and Buceta, M. (1997), "La "trama productiva" del sector automotriz argentino: cambios en las firmas y demandas de nuevas competencias laborales", *Revista Latinoamericana de Estudios del Trabajo*, Año 3, n° 6.
- Novick M. and Catalano, A. (1998), "Reestructuración productiva y relaciones laborales en la industria automotriz argentina", *Revista Estudios del Trabajo*, N° 11, 1997, Buenos Aires, ASET.
- Novick M. and Gallart A.(1997), *Competitividad, redes productivas y competencias laborales*, Montevideo Cinterfor/ OIT, RET.
- Novick M., Miravalles and Senen González C. (1998), "Vinculaciones interfirmas y competencias en la Argentina: Los casos de la industria automotriz y las telecomunicaciones", in Novick y Gallart, *op. cit.*
- Novick M., Bartolomé M., Buceta M., Miravalles M. and Senen Gonzalez C. (1998), "Nuevos puestos de trabajo y competencias laborales", Papers of the technical office, n° 6, CINTERFOR-OIT.
- Novick M. and Yoguel G. (1998), "Espacios emergentes en la industria automovilística internacional: algunas evidencias del caso argentino", presentado en el VI International Meeting of Gerpisa, Paris, 1998.
- Novick M. and Yoguel G.(1999), "La vulnerabilidad de una "Trama productiva": la compleja relación cliente-proveedor en el complejo automotriz argentino", mimeo.
- Poma L. (2000), "La Producción de Conocimiento. Nuevas Dinámicas Competitivas para el Territorio, Conocimiento y Competitividad en el espacio Global", en Boscherini y Poma (Ed) *Territorio, conocimiento y competitividad en el espacio global*, Universidad Nacional de General Sarmiento-Centro Antares de Forli, Italia, Editorial Miño y Davila, Buenos Aires, en prensa.
- Rullani, E. (2000), "El valor del conocimiento", en Boscherini y Poma (Ed) *Territorio, conocimiento y competitividad en el espacio global*, Universidad Nacional de General Sarmiento-Centro Antares de Forli, Italia, Editorial Miño y Davila, Buenos Aires, en prensa.
- Saxenian A. (1994), *Regional advantage, culture and competition in Silicon Valley and Route 128*, Harvard University Press.
- Schmitz (1995), "Collective efficiency: growth path for small-scale industry", *Journal of Development Studies*, 31/4.
- Williamson O. (1991), *Mercados y jerarquias*, Fondo de Cultura Económica, México DF.
- Yoguel G. and Boscherini F. (1996), "La capacidad innovativa y el fortalecimiento de la competitividad de las firmas: el caso de las Pymes exportadoras argentinas" CEPAL, Documento de Trabajo núm. 71.

- Yoguel G. and Boscherini F. (1999), "El desarrollo de las capacidades innovativas de las firmas y el rol del ambiente: el caso de firmas industriales", presentado en el Seminar on Clusters and Local Innovation Systems organized in September 1999 by the Institute of Economics-NEIT, Campinas.
- Yoguel G. (2000), "Algunas reflexiones acerca de la importancia de los procesos de aprendizaje en el desarrollo de las ventajas competitivas de los agentes", Cepal Magazine, nº 71, en prensa.
- Zarifian P. (1990), "As novas abordagens da produtividade", en Sales de Melo Soares, R., *Gestão da empresa, automação e competitividade. Novos padrões de organização e de relações do trabalho*, IPEA/IPLAN, Brasília, Brasil, agosto. □



La cooperación en ciencia y tecnología de Argentina con los países del Mercosur

Manuel Marí*, María Elina Estébanez*, Daniel Suárez**

Las actividades científicas y tecnológicas constituyen un aspecto de particular relevancia en los procesos de cooperación entre países del Mercosur. A partir de esta constatación, se realizó un diagnóstico en todos los países que integran el bloque con el propósito de identificar el tipo de actividades que se están desarrollando efectivamente. En este artículo se presenta el caso argentino, a partir del cual se explora el origen y la extensión del fenómeno de cooperación científica y tecnológica en los países de la región, las modalidades en que se manifiesta y los factores que han favorecido o dificultado estas acciones, en particular el rol de los instrumentos públicos de promoción en estos resultados.

Palabras clave: cooperación científica, políticas públicas; Mercosur.

1. Introducción

El presente artículo constituye una síntesis del capítulo argentino de un proyecto internacional sobre cooperación en ciencia y tecnología entre los países del Mercosur.¹

El proyecto consistió en la realización de un *diagnóstico exploratorio de las actividades de cooperación científica y tecnológica (CyT) que tienen lugar entre los países del Mercosur*. Para ello se buscó hacer una identificación y caracterización de las actividades concretas de investigación y desarrollo experimental (I+D) y otras actividades científicas y tecnológicas (ACT), realizadas en procesos de *cooperación efectiva* entre los países del Mercosur. No se pretendió, por tanto, evaluar las políticas, planes o programas intergubernamentales dedicados a promocionar la cooperación en CyT regional. Por cierto, también se analizaron algunos de los programas de cooperación que tienen lugar a escala sectorial entre instituciones estatales de los países miembros (como institutos agrícolas, industriales, or-

* Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (IEC), Universidad Nacional de Quilmes.

** Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

¹ Proyecto OEA-Brasil "Cooperación científica y tecnológica en el ámbito del Mercosur". El capítulo argentino fue resultado de un estudio coordinado por M. Marí, y contó con la participación de los investigadores D. Suárez y M. E. Estébanez y con la asistencia técnica de Alejandra Serial.

ganismos de energía atómica, de actividades espaciales, etc.), pero sólo para analizar en ellos las actividades de cooperación efectiva entre grupos de investigación.

El énfasis central de la investigación estuvo puesto en el diagnóstico de algunos aspectos de la cooperación en ciencia y tecnología. En particular se pretendía explorar los siguientes puntos:

- Extensión del fenómeno de la cooperación científica y tecnológica entre los países del Mercosur y su desarrollo en el tiempo.
- Orígenes de estas actividades de cooperación.
- Proporción relativa de la cooperación de las instituciones con países del Mercosur dentro de la cooperación con todo el mundo.
- Modalidades de la cooperación en el Mercosur respecto a la cooperación con otros países.
- Papel de los instrumentos públicos (nacionales y multilaterales) en estas actividades de cooperación.
- Factores que han favorecido y dificultado esta cooperación.

La metodología utilizada en la investigación consistió en la realización de entrevistas a instituciones de CyT y empresas que desarrollan actividades de cooperación con países del Mercosur. Se realizaron un total de 168 entrevistas a autoridades, directores de unidades e investigadores de 92 instituciones (principalmente del sector CyT y en menor medida del sector empresarial) de la Ciudad de Buenos Aires y provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, Santa Fe, Corrientes, Mendoza, Neuquén y Río Negro. Al mismo tiempo, y como parte del diagnóstico, se realizó un relevamiento no exhaustivo de las actividades de cooperación científica y tecnológica (proyectos de I+D, actividades de posgrado, pasantías, becas, seminarios, etc.). Como anexo de este artículo se presentan las principales características del diseño metodológico.

El estudio no pretendió cubrir una muestra representativa de las instituciones científicas y tecnológicas argentinas: implica sólo el 15% de las mismas. Del mundo empresarial sólo se entrevistó a algunas cámaras empresarias y empresas en varias de las ciudades mencionadas en el párrafo anterior. Sin embargo, en particular en el mundo académico, la amplitud de la muestra es considerable: se estudiaron 92 grupos de investigación, formando 57 de ellos parte de los 118 centros e institutos del CONICET. Esto quiere decir que, en cuanto a los centros de mayor excelencia, el estudio es altamente representativo. Se entrevistó también a grupos de investigación y autoridades de 20 universidades, públicas y privadas (muchas de ellas del interior), lo que ofrece una visión bastante aproximada de lo que está ocurriendo en las universidades. En particular se han cubierto con una cierta ex-

tensión las actividades de cooperación de muchos grupos relativamente recientes en zonas fronterizas, donde hay un gran interés por la cooperación con los países vecinos.

Por otro lado, las entrevistas se hicieron en aquellos centros o unidades donde a juicio de las autoridades o de expertos consultados se tenía la presunción de que existían acuerdos de cooperación con otros países del Mercosur (incluyendo empresas y cámaras empresarias). Además se basó parcialmente en las respuestas a una encuesta previa de la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECYT), hecha en el mismo año (1997) con la finalidad de elaborar un directorio de proyectos de I+D en cooperación con Brasil.

De tal modo las conclusiones del estudio tienen una base empírica considerable, aún cuando no poseen el carácter de una demostración en base a métodos estadísticos. Hay que aclarar que en el texto se encontrarán entremezcladas afirmaciones que responden a los datos cuantitativos relevados en las entrevistas, con interpretaciones de los autores; estas últimas, a su vez, en algunos casos constituyen una interpretación relativamente directa de los resultados y en otros son opiniones o hipótesis sujetas a discusión, lo que no podía ser de otro modo, dado el carácter exploratorio del estudio.

2. Marco conceptual

El estudio parte del concepto de ciencia periférica: la ciencia de los países periféricos que se ordena y organiza siguiendo las pautas de la “ciencia occidental” (la ciencia central). Ya desde el período colonial y poscolonial, la ciencia americana proveyó de datos a los científicos del centro.² A las misiones de Humboldt, Darwin y otros, se les acoplaba el esfuerzo autóctono de los científicos de las Américas. Cuando el foco de actividad de la ciencia se desplazó de las ciencias descriptivas a la investigación en el laboratorio, el científico americano siguió girando en torno a los temas dictados desde el exterior, pero ya no como colaborador en la observación de la naturaleza, sino como aquel que seguía los grandes temas iniciados en el centro (con frecuencia dejando pasar la posibilidad de abordar temas y problemas propios, aunque haya excepciones relevantes).³

² Ver, entre otros, Hebe Vessuri, “La ciencia en América Latina, 1820-1870”, en *Historia General de América Latina*, vol. VI, cap. 23, Unesco, París (en prensa).

³ Es el caso, por ejemplo, de las investigaciones sobre la enfermedad conocida como el *Mal de Chagas*, llevadas a cabo por Carlos Chagas de Brasil y Salvador Mazza de Argentina.

De este modo se definió con el tiempo un esquema centralizador que se asemeja a las redes de transportes y comunicaciones del sistema colonial (y al sistema impuesto posteriormente por los intereses de las economías exportadoras de bienes primarios a partir del siglo XIX): se establecieron comunicaciones entre los distintos puntos de la periferia y el centro –redes Norte-Sur– pero no entre los puntos de la periferia.

No existen estudios sobre la historia de la cooperación científica y tecnológica Sur-Sur, salvo la que pudo existir de manera coyuntural entre los nodos de la red orientados al Norte. Sin embargo se puede avanzar como hipótesis que los primeros intentos de colaboración Sur-Sur se iniciaron como consecuencia de los impulsos del Norte, particularmente en los años sesenta, cuando la OEA, la Unesco y otros organismos internacionales instaron a las comunidades científicas latinoamericanas a organizarse, con el fin de lograr financiamiento para la ciencia de sus gobiernos y para cooperar entre sí.

De cualquier modo, hay una tensión entre las dos dimensiones de la cooperación: una, la Norte-Norte, responde a una emergencia “natural” y al desarrollo subsiguiente de la ciencia universal; la otra, Sur-Sur, surgió como conjunto disperso de anécdotas, resquicios o nichos derivados de la corriente fundamental. Es sólo en las tres últimas décadas que, ante la constatación de la brecha tecnológica creciente entre los países del norte y del sur, surge esta preocupación y la urgencia en organizar una cooperación Sur-Sur, que pueda crear masas críticas y acortar la brecha.

¿Hasta qué punto esto ha sido posible, concretamente, en el área geográfica del Mercosur?⁴ ¿Hasta qué punto se ha podido organizar esta cooperación Sur-Sur? ¿Cómo se ubica este tipo de cooperación en relación a la cooperación “natural” Sur-Norte? ¿Qué factores la favorecen? ¿Qué perspectivas reales existen ante las tendencias aceleradas de la ciencia actual hacia la globalización, hacia la concentración y su dominación por los países centrales?

Con el fin de responder a estos interrogantes, vale la pena revisar la ubicación del Mercosur en relación a sus estructuras científicas y tecnológicas, resaltando sobre todo la importancia cuantitativa del Mercosur dentro de América Latina y el Caribe. Este grupo de países del Cono Sur constituye alrededor del 45% de la población de América Latina, más del 50% del PBI, el 75% de la inversión en CyT, y el 70% del personal dedicado a ciencia y tecnología. Sólo Brasil representa el 36% de la población,

⁴ El Mercosur comprende a los países de Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay. Para el objetivo de este estudio hemos incluido bajo este rótulo también a Chile.

el 40% del PBI, el 57% del gasto en CyT y más del 50% del personal en ciencia y tecnología.

Una consideración final es necesaria en relación a la definición de *ciencia y tecnología* que se ha tomado para este estudio: con fines prácticos y de modo genérico, nos referimos a las actividades definidas como “actividades científicas y tecnológicas” (ACT) de acuerdo a los criterios establecidos por el Manual de Frascati. Sin embargo, incluimos además (dado el carácter exploratorio de esta investigación y el interés por comprender los procesos efectivos de cooperación en todas sus dimensiones e interrelaciones), ciertas actividades excluidas por dicho Manual. Es el caso de las actividades de cooperación académica entre universidades: estas actividades no necesariamente implican ACT, pero son el inicio –con frecuencia– de una relación entre universidades que abre nuevas posibilidades para la cooperación científica. Un caso concreto de solapamiento entre actividades de cooperación *académica* y *científico-tecnológica* es la Asociación de Universidades del Grupo Montevideo.⁵

Algo similar ocurre con la distinción entre cooperación *técnica* y cooperación *científico-tecnológica* en el caso de las actividades desarrolladas por los institutos tecnológicos. Finalmente el solapamiento entre las actividades de cooperación *comercial* y cooperación *científico-tecnológica* puede registrarse en las vinculaciones que se mantienen a nivel de ciertos programas sectoriales, como por ejemplo, el sector agrícola, la piscicultura o el sector energético.

3. Resultados del estudio

3.1. Alcance y tendencias de los flujos de cooperación: extensión del fenómeno y periodización

Extensión de la cooperación

De la presente investigación surge como resultado contundente que la cooperación en ciencia y tecnología dentro del Mercosur, sobre todo entre grupos científicos académicos, es un *fenómeno en crecimiento en los últimos diez años*. Argentina y Brasil son los ejes fundamentales de esta cooperación.

⁵ Este grupo es una asociación de universidades de Brasil, Uruguay, Argentina y Paraguay cuyo objetivo inicial fue la cooperación interinstitucional y académica, y que progresivamente se está transformando en una instancia de cooperación científica entre las instituciones miembros.

Dado el carácter no representativo de la muestra, no se puede precisar la proporción de centros de investigación –sobre el total nacional de instituciones científicas y tecnológicas– que mantienen relaciones de cooperación con sus pares del Mercosur. Lo que sí puede afirmarse sin lugar a dudas es que al menos *los centros argentinos más activos y de mayor excelencia científica mantienen relaciones intensas de cooperación con los países del Mercosur, especialmente con Brasil*. Por ejemplo, de los 32 centros del CONICET en La Plata, capital de la Provincia de Buenos Aires, 31 de ellos tienen actividades de cooperación con países del Mercosur.⁶

En los centros menos activos o de menor desarrollo científico o tecnológico relativo, los grupos de investigación están realizando grandes esfuerzos por tender lazos de cooperación con los países vecinos. En general, consideran que los lazos de cooperación científica favorecerían enormemente su propio desarrollo en ciencia y tecnología; su percepción es que la cooperación es necesaria para progresar.⁷

Un indicador de la intensidad de la cooperación se puede advertir en la cantidad de proyectos de I+D detectados en el estudio: se han detectado en promedio 2 proyectos por unidad de I+D.

Las opiniones recogidas entre las autoridades de las instituciones de mayor desarrollo científico y de programas gubernamentales confirman que hay una actividad creciente de cooperación. También es creciente el acoplamiento a este proceso, con muchas iniciativas de cooperación, de nuevas universidades y grupos de investigación en formación. Esto es notorio en el caso de las universidades privadas.

Periodización

El análisis de los datos permite constatar que el fenómeno de la cooperación dentro del Mercosur es bastante nuevo. Las relaciones de cooperación se han intensificado sobre todo a partir de los últimos 10 años, como muestra el cuadro 1 del Anexo: el 59% de los encuestados afirma que las activida-

⁶ No obstante, cabe mencionar que los centros de excelencia privilegian sus vinculaciones con “el centro” (los países más avanzados científicamente) por encima de las relaciones con sus pares del Mercosur. Ver el punto 3.2. “Participación relativa de la cooperación entre países del Mercosur dentro de la cooperación internacional total”.

⁷ Se ha mencionado que universidades pequeñas o de menor tradición científica localizadas en provincias argentinas alejadas de los centros de decisión política y económica muchas veces necesitan tener jefes de proyecto externos, con frecuencia de otros países, porque en sus propias universidades no tienen suficientes investigadores con capacidades reconocidas por los Programas gubernamentales de CyT para la dirección de proyectos de investigación.

des de cooperación en su institución se originaron hace menos de 10 años. ¿Qué ocurrió en ese momento como para cambiar el comportamiento de las comunidades científicas de tal forma?

Según los entrevistados, la creación del Mercosur es una explicación casi “obligada”. Sin embargo, con el Mercosur –a excepción de las áreas de biotecnología, electrónica y compatibilización de normas– no se han creado sistemáticamente programas regionales de cooperación en ciencia y tecnología. Recién en los últimos tres años se están identificando líneas de interés conjunto en el marco de Reunión Especializada en Ciencia y Tecnología (RECYT) y del Grupo de Trabajo de Industria y Tecnología (iniciativas en cooperación CyT en el nivel de los organismos de políticas CyT de los países del Mercosur). Pero sin duda, la creación del Mercosur tuvo un *efecto de demostración* sobre las comunidades científica y empresarial. Estas buscarían un nuevo posicionamiento para fortalecerse dentro del nuevo ámbito regional, con la esperanza de obtener un apoyo fuerte de los gobiernos a actividades de cooperación. En definitiva, la creación del Mercosur ha creado importantes expectativas en los investigadores, generando estímulos para incrementar los vínculos en la región.

También se pueden identificar otras causas que han contribuido a desencadenar este cambio cualitativo tan radical, y que surgen de opiniones recogidas durante la investigación.

- *La vuelta de los regímenes democráticos en los países del Mercosur, proceso iniciado a partir de 1983.* Este proceso indujo el proceso de integración, puesto en marcha poco después, y que fue sin duda facilitado por el abandono natural de las hipótesis de conflicto sostenidas por las fuerzas armadas que se habían alzado con el poder anteriormente.

- *El proceso de democratización permitió de nuevo la libre circulación de muchos científicos,* que habían tenido que emigrar de sus países, provocando el acercamiento entre sus lugares de origen y de acogida. Por ejemplo, muchos profesores que abandonaron la Argentina entre 1976 y 1983, unidos a los emigrados en dictaduras anteriores, y radicados en Brasil, pudieron establecer nuevos lazos con sus antiguos centros de investigación a raíz de la apertura democrática de 1983. Este efecto se vio aumentado por la afluencia de estudiantes argentinos a Brasil, que establecieron contacto con aquellos científicos emigrados.

- *El ritmo que asume sobre todo desde el final de la década del ochenta el proceso de globalización a escala mundial,* que afecta en forma particular las formas de producción del conocimiento. Esto es cierto por más que se pueda decir que la región opera sólo de forma marginal en los circuitos mundiales de producción del conocimiento.

- *La fuerza que tomaron en los últimos 10 años algunos programas*

de cooperación europeos y el Programa Iberoamericano CYTED. Estos programas, orientados a la cooperación Norte-Sur, han tenido una influencia importante en la vinculación entre científicos latinoamericanos, en particular del Mercosur.

- *La masiva difusión y adopción de medios electrónicos de comunicación (internet, correo electrónico, etc.),* que facilitó significativamente el intercambio de información en general, y específicamente información y recursos de CyT.

- Finalmente, hay que señalar el hecho natural de que hay muchos grupos nuevos en universidades relativamente jóvenes, que recién en los últimos 10 años han comenzado a hacer investigación.

3.2. Participación relativa de la cooperación entre países del Mercosur dentro de la cooperación internacional total

Los resultados preliminares de la investigación basados en el relato de los propios actores de estos procesos cooperativos, indicaban que la cooperación con países del Mercosur era minoritaria frente a la que se producía con el resto del mundo. Esto puede explicarse por la tradicional preferencia de los científicos de cierto nivel hacia el contacto con los grandes centros mundiales, mientras que la cooperación con científicos de países vecinos ha sido considerada subalterna, o bien, resultado secundario de otras acciones emprendidas. Por ejemplo la cooperación entre muchos centros del Mercosur ha surgido a partir de su participación en programas internacionales de CyT.

Sin embargo, evidencia posterior basada en la cuantificación de actividades de cooperación científica y tecnológica recolectada entre los mismos grupos entrevistados, hizo corregir ligeramente esta primera estimación (que ubicaba entre el 20 y 30 por ciento la participación del Mercosur en el total de la cooperación CyT internacional que llevaban a cabo los entrevistados). Aun en el área de ciencia fundamental, la cooperación intra-Mercosur es minoritaria, pero no en la proporción que inicialmente se pensó.

Participación relativa según el tipo de institución

Para las instituciones científicas y tecnológicas que fueron encuestadas, la cooperación entre países del Mercosur es minoritaria frente a la cooperación internacional total. Más de la mitad estima que ese porcentaje es inferior al 40%, sólo el 26% estima que es superior a 60%. En el sector empresarial ocurre lo contrario: por motivos geográficos y de oportunidades de expansión comercial, la inmensa mayoría de la actividad de cooperación en las escasas actividades científicas y tecnológicas registradas en

ese sector (asistencia técnica y capacitación) tiene lugar con los países vecinos del Mercosur. No hay cifras representativas, ya que se entrevistó a pocas empresas, pero todas las empresas entrevistadas hablaron de hasta el 80% y más.

Por otro lado, las actividades de cooperación en CyT relevadas en los centros de investigación muestran que las pasantías de argentinos en los países del Mercosur representan el 65% de las pasantías totales y las pasantías en Argentina de ciudadanos de países del Mercosur el 61% del total. Mientras que el relevamiento de las participaciones en Seminarios, da un 57% de participación de argentinos en Seminarios en el Mercosur sobre el resto del mundo y un 65% de participantes del Mercosur en Seminarios en Argentina. Hay que tener en cuenta que el resto del mundo incluye también países de América Latina, por lo que el total de la cooperación intra-Mercosur en este tipo de actividades, frente a la cooperación con países del primer mundo, favorecería más aún al Mercosur.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede elaborar como hipótesis que *el porcentaje de cooperación con el Mercosur, dentro de todos los flujos de cooperación externa, es de alrededor del 40% del total*. Hay que tomar en consideración el sesgo ya mencionado de la muestra, que privilegia a las instituciones y centros de excelencia y que poseen más actividades de cooperación.

Por otro lado, tomando como referencia *datos bibliométricos*,⁸ sobre la base de los trabajos en coautoría que aparecen en el *Science Citation Index* entre 1980 y 1990, nos encontramos con que la cooperación en ese nivel con los países del Mercosur es mucho más reducida aún. Argentina sólo produjo en coautoría con países del Mercosur alrededor del 11% de su producción total en coautoría internacional; Brasil sólo el 4,5% (Uruguay el 17% y Paraguay 18%).⁹

Una adecuada interpretación de estos datos exige recordar que aquí hay un sesgo muy importante (y no sólo el habitual que se le suele imputar al SCI): es lógico que el Index refleje sólo la producción de un número reducido de autores, los de mayor nivel y previsiblemente, los que están más involucrados en los procesos de cooperación científica con los países más desarrollados. Los centros más avanzados tienden a relacionarse más con los científicos de grandes centros mundiales y en mayor proporción que los investigadores de centros de menor prestigio, pero esta relación se da sobre todo en la producción de "*papers*". Por el contrario, la

⁸ Elaborados en un informe encargado por la Coordinación Regional del Proyecto en Brasil, y realizado por Nora Narváez-Berthelemot y Jane M. Russell, "Colaboración científica, Países del Mercosur, Análisis Bibliométrico", México, noviembre 1997 (mimeo.).

⁹ Narváez N., Russell, J., citado, p. 25.

apreciación de un porcentaje mayor en la cooperación científica y tecnológica dentro del Mercosur, expuesta más arriba, está basada en el registro de actividades más informales de cooperación, como seminarios, cursos de posgrado y pasantías.¹⁰

También se podría discutir qué tipo de cooperación es más importante, o dónde se da una mayor intensidad en la cooperación: ¿en la producción de “papers”? ¿En proyectos de I+D o en otros tipos de cooperación más informales? Se conoce todavía muy poco de la *caja negra* de la producción científica, como para poder evaluar correctamente dónde hay una mayor intensidad de relaciones.¹¹

Es posible conjeturar que, en tanto incluyamos bajo el concepto de cooperación a toda la variedad de acciones de mayor o menor formalidad, hay más cooperación con los países del Mercosur que la que muchas veces los científicos reconocen como tal. Los científicos valoran más la cooperación con el Norte, y tienden a darle más peso en sus relaciones internacionales, aunque en la práctica e imperceptiblemente la relación con otros países del Sur tenga y vaya tomando más importancia.

Participación relativa según tipo de país

En el cuadro 3 del anexo se puede ver la participación relativa de los países del Mercosur en sus actividades de cooperación en proyectos con Argentina. También allí se puede apreciar el peso de las diferentes áreas disciplinarias en la cooperación científica y tecnológica registrada. Por supuesto, es mayoritaria la cooperación con Brasil (69.1%), hecho comprensible si se toma en cuenta que este país constituye aproximadamente la mitad de la economía de América Latina y más de la mitad de su inversión en ciencia y tecnología. Sin embargo, hay diferencias regionales, como se verá por el mapa de la cooperación en Argentina que se presenta en el siguiente punto.

La diferencia se produce básicamente en la región andina. Dentro del proyecto se ha relevado, para cubrir este área, sólo las provincias de Mendoza, Neuquén y Río Negro. Son provincias donde la cooperación se produce principalmente con Chile. Tanto en entrevistas realizada en el nivel de las autoridades universitarias como en entrevistas a científicos de centros de investigación, se ha señalado que hay una información muy

¹⁰ Queda pendiente aún analizar qué pasa con los proyectos de I+D, donde podría darse una situación intermedia.

¹¹ En la Red Iberoamericana/Interamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) se ha propuesto la realización de un estudio sobre las características de la producción científica y sus productos, que daría sin duda luz sobre el tema que discutimos aquí.

completa acerca de las instituciones chilenas. Se contrata a muchos profesores chilenos para dar cursos, debido a la proximidad y al conocimiento que se tiene de ellos: es más barato contratar a un profesor de Chile que de Buenos Aires.

Esto es muy importante, porque los cursos son, como se dirá en la sección sobre origen de la cooperación, una buena ocasión para iniciar cooperaciones en actividades de investigación. Muchos de estos profesores (con altas calificaciones e importantes contactos internacionales) se transforman en directores de proyectos de investigación, supliendo las menores calificaciones de los investigadores locales.

Para el resto del país, desde Córdoba al Litoral y la provincia de Buenos Aires, incluyendo la Capital, La Plata y Mar del Plata, la relación es mayoritaria con Brasil. Sin embargo, los vínculos con Uruguay ocupan un lugar destacado, sobre todo para la región del Litoral y La Plata, una ciudad con tradición de apertura al exterior. En el Litoral, adquiere una mayor presencia la cooperación con Paraguay, por la cercanía geográfica.

Según el estudio bibliométrico mencionado más arriba,

el 82% de las publicaciones bilaterales (dentro del Mercosur) corresponden a Argentina y Brasil; el 8% para Argentina y Uruguay; el 7% para Brasil y Uruguay; el 2% para Argentina y Paraguay; y el 1% para Brasil y Paraguay. En cuanto a la cooperación trilateral, el 93% del total fueron copublicaciones entre Argentina-Brasil-Uruguay, y el 7% entre Argentina-Brasil-Paraguay.¹²

Se puede definir un *mapa de la cooperación* que registra espacialmente los principales vínculos según cada región geográfica. Es muy importante tener esto en cuenta a la hora de definir instrumentos de cooperación, con el fin que los gobiernos centrales cooperen con los regionales a ambos lados de las fronteras. Es necesario además vincular esto con los flujos de relaciones comerciales, y analizar muy cuidadosamente lo que se suele llamar el corazón del Mercosur, es decir, el "*Hinterland*" por donde fluyen las comunicaciones comerciales, el transporte y la población. Es probable que se estén creando redes en torno a esos ejes viales de movilidad intra-Mercosur, que pueden dar motivo a fenómenos de cooperación del sector científico y tecnológico. Tal vez es muy pronto para poder detectar, como lo ha hecho Petrella entre otros autores (para Europa), sistemas regionales de innovación que vinculan a ciudades cercanas de distintos países (i.e: el eje Barcelona-Toulouse-Montpellier, Turín-Zürich-Lyon, Amberes-Rotterdam-Essen). Pero

¹² Narváez y Russel, citado. El informe no analiza la producción con Chile.

es importante conocer las posibilidades y crear instrumentos *ad-hoc* para apoyar la integración de esas zonas fronterizas del *Hinterland* del Mercosur.¹³

En las universidades del interior los investigadores elevan críticas en relación al difícil acceso a la información y al centralismo que caracteriza a la elaboración de políticas CyT (en particular a la sub-representación de los intereses provinciales y regionales en los procesos de toma de decisiones en este área).

3.3. Origen de la cooperación

El estudio reveló que el origen de las actividades de cooperación es *mayoritariamente el contacto personal* entre científicos, tecnólogos y empresarios que se realizan como resultado de la participación en congresos, reuniones o programas multilaterales de cooperación. En términos generales hay un amplio reconocimiento del papel de los investigadores en el inicio de las actividades institucionales de cooperación en CyT. La percepción cambia levemente o se mantiene, en función del papel del entrevistado.

El 55% de los investigadores entrevistados afirma que el motivo de la cooperación corresponde a las iniciativas personales; sólo el 13% la atribuye a la gestión de autoridades institucionales. Si sumamos a la respuesta *iniciativas personales* la respuesta que combina *iniciativas personales y autoridades de la institución*, el porcentaje es de 60% (ver cuadro 4). Para las autoridades de las instituciones, en cambio, sólo en el 39% de los casos el origen de la cooperación se debe a iniciativas individuales, y en el 30% de los casos a las mismas autoridades. A pesar de estas diferencias perceptivas, es un reconocimiento de las autoridades al valor de las iniciativas individuales.

Para el caso de las instituciones científicas, universidades públicas e institutos tecnológicos y Centros del CONICET, esto es más claro todavía: tomando las respuestas de los investigadores (entrevistas del tercer nivel), para esas instituciones todo se debe a iniciativas personales. En cambio, en universidades privadas, empresas y sectores de gobierno, los investigadores mismos reconocen la importancia que tienen las gestiones de las autoridades. Esto se debe sin duda a la existencia de distintas modalidades de gestión de la cooperación científica y tecnológica en ambos grupos de instituciones.

En el caso particular de las universidades privadas, que son por otra parte mucho más pequeñas que las universidades públicas, parece existir una relación más directa entre autoridades e investigadores, siendo las autoridades

¹³ El proyecto, en su ejercicio 1998, ha realizado un estudio de caso en mayor profundidad acerca de la cooperación que se da en áreas fronterizas, a partir de la colaboración en investigaciones sobre problemas y recursos comunes a ambos lados de las fronteras.

quienes lideran los esfuerzos recientes de sus instituciones por vincularse con el exterior (y al mismo tiempo, de crear una tradición de investigación).

Algo que no aparece claramente en las respuestas a los cuestionarios, pero que ha sido destacado en conversaciones con científicos como elementos muy importantes para la cooperación, es el papel que han jugado los programas multilaterales, especialmente en los últimos años el CYTED y los Programas y Proyectos ALFA. Esto no es sorprendente, dada la extensión que han ido cobrando estos programas (unos mil investigadores de 34 universidades nacionales participan en redes y proyectos CYTED). En las reuniones de estas redes de cooperación se han establecido muchos contactos personales con investigadores de los otros países del Mercosur, y se han generado proyectos y otras iniciativas de cooperación.

Muchas veces se ha criticado el llamado "turismo científico" de pasantías, congresos y seminarios y ciertamente no cabe duda de que puede haber excesos. Pero cabe señalar que, de acuerdo a la descripción que hacen los científicos, las oportunidades de entablar nuevos contactos se da la mayor parte de las veces en el marco de este tipo de redes o de reuniones. Esto sugiere la importancia de estos instrumentos como promotores de la cooperación.

También se menciona como origen de las actividades de cooperación más completas e integradoras (fundamentalmente los proyectos de investigación), a las actividades de capacitación. Es algo que ocurre también en el terreno de las vinculaciones universidad-industria. Los industriales que más buscan el apoyo de la universidad son antiguos graduados que han mantenido un vínculo con sus profesores. En general la vinculación de los estudiantes con sus antiguos profesores es uno de los motores más importantes para iniciar actividades de cooperación. Ya se mencionó antes como un caso particular que muchos argentinos emigrados a Brasil, sobre todo a partir de la reapertura democrática, buscaron contactos con sus instituciones matrices. Lo mismo ha ocurrido cuando han recibido a alumnos argentinos enviados por sus antiguos colegas.¹⁴

¹⁴ Esto lleva a muchos a privilegiar, como un instrumento de política, la creación de fondos para la capacitación y la promoción del intercambio (pasantías, etc.) y, en general, la generación de un nuevo marco de cooperación universitaria como el principal ámbito donde naturalmente florece la cooperación. Aquí se abre un abanico de instrumentos posibles. Por mencionar sólo algunos de los más frecuentemente mencionados: la acreditación de títulos, la creación de consorcios universitarios y de Programas de Maestrías del Mercosur, y la calificación de "internos" a los viajes y a las becas intra-Mercosur en los concursos de subsidios (es decir, considerarlos en igualdad de condiciones con las solicitudes de subsidios para movilidad dentro del propio país, que por lo general suelen tener más posibilidades de obtención que las solicitudes para viajes al exterior).

3.4. La cooperación a escala sectorial

El proyecto analizó también la cooperación que se está dando a escala sectorial, sobre todo entre instituciones públicas. Es el caso de la cooperación en las áreas nuclear y espacial, así como en biotecnología, agricultura e industria. Como se indicó en la introducción, no se pretendió hacer una evaluación de los programas, sino caracterizar la extensión y modalidades de la cooperación entre grupos de I+D de los distintos países del Mercosur en estos sectores y en instituciones y programas oficiales. A continuación se sintetiza el alcance de la cooperación científica y tecnológica según diferentes sectores.

- En las *áreas estratégicas nuclear y espacial*, la constitución del Mercosur ha provocado un acercamiento importante entre las instituciones nacionales y sus grupos de I+D, sobre todo de Brasil y Argentina (especialmente en el área espacial). La cooperación en el área nuclear se ha visto debilitada por las diferentes estrategias de los dos países, y por el abandono por parte de Argentina de la política nuclear que la llevó a notables desarrollos en los últimos cuarenta años.

- El acercamiento entre Brasil y Argentina en estas áreas se ha debido sin duda al interés de los dos gobiernos en cooperar. Sin embargo la cooperación ha sido mucho más efectiva en campos donde los grupos de I+D mantenían una relación fluida anterior. Esto muestra la importancia de la confianza recíproca entre los grupos científicos.

- En la *cooperación entre institutos de apoyo a la industria* (el INTI en el caso de la Argentina), tradicionalmente ha existido poca colaboración en I+D, pero se está iniciando un nuevo tipo de cooperación en el marco de Metrología, Normalización y Calidad, así como una renovada actividad de vinculación entre los laboratorios, en lo que se refiere a su acreditación. Esto tiene que ver con una crisis de los Institutos Tecnológicos, que han perdido mucho de su legitimidad y apoyo oficial en el campo del desarrollo tecnológico. En cambio están encontrando nuevos nichos en los servicios tecnológicos industriales. Los institutos mencionados cobran importancia esencial, sobre todo a raíz de las Normas ISO de Calidad, Calidad Ambiental y para Acreditación de Laboratorios, y en la actividad metroológica. En ésta, si bien la iniciativa del NIST de Estados Unidos en el marco del ALCA ha sido determinante, también ha generado una cooperación nueva en el marco del Mercosur, cuyos países tratan de buscar posiciones comunes frente a la negociación en el Grupo de Trabajo de Armonización de Normas del ALCA.¹⁵

¹⁵ Se puede afirmar que estos nuevos nichos de actividad y cooperación están alejando

- *En el campo de la I+D agropecuaria*, hay una intensa cooperación desde tiempo atrás, tanto en I+D como en intercambio de información,¹⁶ por ejemplo sobre normas sanitarias. Actualmente las instituciones públicas del sector están sufriendo una crisis como consecuencia de la globalización de la I+D en el sector y el predominio que en ella tienen las compañías transnacionales. Tal vez por eso también aquí, como en el caso de la industria, se está buscando un nicho para estos institutos en el intercambio de información y la elaboración de normas comunes al Mercosur, labor que se está iniciando a partir del Grupo de Trabajo del Mercosur. Por otro lado también se debe mencionar la intensa colaboración que se está dando en este campo entre universidades, sobre todo en áreas fronterizas,¹⁷ a partir de la investigación sobre recursos naturales y problemas comunes.

- En el campo de la *biotecnología* hubo un esfuerzo explícito de cooperación a partir del convenio entre Argentina y Brasil, la firma del Protocolo de Biotecnología y la constitución del Programa CABBIO. Este programa está en una fase de evaluación, pero ha sido sin duda un vehículo importante para unir a centros de investigación de los dos países en proyectos de cooperación. No ha sido en cambio exitoso, por problemas de implementación, para promover la cooperación entre empresas (que era una de sus finalidades originales). La cooperación entre empresas se está dando fuera del programa a través de asociaciones comerciales y la implantación de filiales de empresas de cada país en los otros. Hay relaciones relativamente fuertes entre empresas de un país con centros de I+D de otros. Pero esto todavía no involucra el desarrollo conjunto de productos entre empresas, ni siquiera entre matrices y filiales.

3.5. Factores que favorecen o dificultan la cooperación: el papel de los instrumentos de política

Los factores que más *estimulan* la cooperación en el Mercosur son la cerca-

a los institutos tecnológicos de un rol más activo en la promoción y desarrollo industrial y los está relegando a un rol subsidiario de servicios de laboratorio. Sin embargo ellos representan una nueva oportunidad de cooperación que, bien aprovechada, puede contribuir a una complementación mayor entre los países. Por lo demás, el tema de la política industrial escapa a los objetivos del presente trabajo. Lo único que se puede decir es que, bien aprovechada, esta nueva legitimación de los institutos tecnológicos en el campo de los servicios industriales puede ser una nueva oportunidad para estrechar lazos con la industria, en particular las Pymes, como ya está ocurriendo en varios institutos del INTI.

¹⁶ Conviene mencionar aquí el proyecto de cooperación PROCISUR, que con sede en Montevideo y fondos de los países integrantes, organiza seminarios, encuentros, jornadas científicas entre Brasil, Uruguay, Paraguay, Chile, Bolivia y Argentina.

¹⁷ Ver nota 14.

nía geográfica y la similitud de problemas (ver cuadro 5). Sólo el 11% reconoce el apoyo de políticas e instrumentos del gobierno, aunque otro 6.7% reconoce esta causa junto con la primera y segunda. Entre los *factores que dificultan la cooperación* (cuadro 6) hay gran consenso (70% de los entrevistados) en que la falta de fondos y la falta de apoyo del gobierno son los principales.

Los científicos se quejan de la ineficacia de los pocos instrumentos de política de CyT disponibles. Sólo son aprovechados por un grupo reducido de centros de excelencia con la información y la capacidad de llenar los requisitos que exigen los organismos promotores. Los centros del interior, sobre todo de las regiones donde la investigación recién empieza a consolidarse, critican las dificultades para el acceso a la información, y consideran la incompatibilidad de normativas y la burocracia como obstáculos importantes.

Otro elemento a tener en cuenta al hablar de los obstáculos a la cooperación es la falta de confianza entre pares de distintos países. Si bien sólo 10% de los entrevistados lo ubicaron como un obstáculo importante para la cooperación, cuando se les preguntó en general sobre este tema se recogió la impresión de que es un fenómeno sutil, pero al que hay que prestar atención.

Pasando a los propios instrumentos de cooperación, hay también unanimidad en afirmar que *los instrumentos deben estar sectorializados*. El ejemplo mencionado con más frecuencia es el CABBIO (por la sectorialización, no por la forma en que es llevado el Programa). Una crítica que se le hace, aunque con poca posibilidad de solución, es que dado el escaso nivel de avance en el proceso de integración Argentina-Brasil, y dada la resistencia de los países a crear instancias supranacionales, los fondos de CABBIO son puestos por cada país en su moneda nacional, en lugar de constituir un Fondo Común con agilidad de administración. En efecto, la modalidad actual ha llevado a desfases en los desembolsos, que coartan bastante las posibilidades de cooperación. A esto se atribuye en parte que las empresas perdieran desde el principio el interés en participar de los subsidios del CABBIO. Otro problema señalado como importante es que este programa no haya contado con capital de riesgo.

4. Conclusiones y algunas recomendaciones

Entre las principales conclusiones de esta investigación se pueden mencionar:

- El *importante incremento de la cooperación* entre los países del Mercosur en los últimos 10 años.
- El *crecimiento relativo de la cooperación intra-Mercosur dentro de la cooperación internacional*.

- Buena parte de esta cooperación intra-Mercosur *se ha generado en el marco de programas europeos (ALFA, CYTED)*. Mil investigadores argentinos participan de redes CYTED. Ahí se han conocido y se han generado muchas actividades de cooperación.

- La cooperación *se genera principalmente por iniciativa de los investigadores* y a través del conocimiento mutuo originado en reuniones y en cursos internacionales.

- Aun en programas intergubernamentales con apoyo y financiamiento oficial, el *conocimiento mutuo previo entre los ejecutores de las actividades es fundamental* para su éxito.

- Las actividades de capacitación, en especial *los posgrados*, son el ámbito natural donde se generan gran parte de las iniciativas de cooperación.

- Los grupos incipientes, principalmente en universidades del interior, no acceden a información relevante para aumentar sus oportunidades de cooperación en CyT (en particular información sobre financiamiento).

- Entre las empresas es muy poca la cooperación que se da en proyectos de desarrollos tecnológicos (de productos y procesos). Sin embargo, y a partir del intenso intercambio comercial y empresarial desencadenado por el Mercosur, han proliferado actividades de asistencia técnica, capacitación y consultoría entre empresas asociadas o de los mismos grupos. Mucha de esta actividad se refiere a tecnologías organizacionales (normas, calidad, reingeniería), pero la intensidad del intercambio que se da en este campo permite suponer que hay una atmósfera propicia para que se vaya avanzando a una cooperación y alianzas estratégicas en desarrollo o adaptación de tecnologías.

La cooperación en ciencia y tecnología en el Mercosur recién está comenzando. La tarea emprendida por el Subgrupo de Trabajo de Industria y Tecnología y de la RECYT es aún incipiente, pero se ha avanzado en dirección a la obtención de acuerdos más específicos, y de nuevos programas de cooperación. Es entonces natural que no existan todavía instrumentos de cooperación a evaluar, sobre todo comparados con la sofisticación de los instrumentos de los Programas Marco de la Unión Europea, que son siempre la referencia sobre la que los científicos del Mercosur miden los logros y las expectativas de éste. Esto con mayor razón por cuanto, como se ha dicho repetidas veces, muchos científicos latinoamericanos han venido a conocerse a raíz de iniciativas de la Unión Europea (proyectos ALFA) o de las Redes CYTED.

El problema, además, no son sólo los instrumentos para la cooperación, sino más aún los instrumentos nacionales de política. Es cierto que

en Argentina se está tratando en los últimos años de consolidar una batería de instrumentos complementarios:

- El Programa de Incentivos a los docentes investigadores de las universidades (un suplemento a los profesores que tienen un proyecto aprobado por la universidad), con un total de 70 millones de dólares.
- La carrera de investigador, los proyectos y Centros e Institutos del CONICET y Consejos Provinciales.
- Los Fondos FONTAR de promoción de la innovación y FONCYT de promoción de la ciencia y la tecnología.

Pero todavía se requiere un aumento sustancial y sostenido en el tiempo de los recursos y del apoyo gubernamental, para reparar el deterioro que ha sufrido la relativamente amplia base científica del país. Estamos hablando de instrumentos nacionales de promoción de la CyT, y no específicos para la cooperación. Pero esos instrumentos son básicos para que los grupos locales puedan ofrecer algo a sus colegas de otros países, cuando se plantean proyectos comunes. Con frecuencia, proyectos argentinos se mantienen por subsidios de sus contrapartes brasileñas, cuando les pueden derivar fondos.

De estas conclusiones emergen una serie de *recomendaciones* importantes a tener en cuenta a la hora de crear o reforzar instrumentos o programas de cooperación:

- Dada la importancia de los *cursos de posgrado* como catalizadores de actividades de cooperación, indirectamente se puede hacer mucho reforzando la cooperación en ese nivel de educación. Por ejemplo, con la *homologación de títulos y requisitos*. La creación de *posgrados Mercosur*, en que está empeñada la RECYT, es una propuesta importante. Pero más importante sería probablemente incrementar la participación de estudiantes extranjeros en los posgrados, para lo que se podría considerar a los *estudiantes del Mercosur como estudiantes nacionales* a efectos de obtener *becas*.
- También sería muy importante la *financiación de pasantías*, así como facilitar la asistencia a reuniones, seminarios y congresos.
- El *financiamiento es un recurso estratégico para promover la cooperación en CyT*. Los fondos supranacionales, como los de la Unión Europea, han demostrado eficacia. Mientras no haya una decisión política para ello, es necesario coordinar los fondos existentes y sus desembolsos, como forma de evitar los retrasos debidos a la burocracia.
- *Los instrumentos deben ser sectorializados*, en forma semejante al programa CABBIO. Argentina y Brasil están en un proceso de búsqueda de áreas de interés común que va en esa línea. Teniendo en cuenta el peli-

gro mencionado en el párrafo anterior, se puede hacer mucho, especialmente si hay una inyección decisiva de fondos para la cooperación. En este sentido, hay ya mucho avanzado en el conocimiento mutuo de los investigadores de los países como para poder asegurar el éxito de los concursos o licitaciones para la cooperación que se pudieran programar.

- Un requisito importante para la efectividad de los instrumentos es la *información*. Hay que lograr un acceso democrático de todos los grupos de I+D a la información actualizada y completa sobre posibilidades y recursos para la cooperación en el Mercosur (evitando en lo posible el denominado *efecto Mateo* en la ciencia) aprovechando y potenciando los recursos electrónicos como internet, correo electrónico y otros medios.

Que la cooperación sea una práctica accesible a todos los científicos y tecnólogos no es una tarea fácil. Pero se pueden allanar dificultades focalizando las estrategias. La cooperación en tecnología puede ir más dirigida por programas gubernamentales: Nuclear, Espacial, Industria, Agricultura. Donde hay una aplicación común o donde se puede aprender de condiciones geográficas similares (geología para la minería, recursos naturales, el tema del agua en la Cuenca del Plata, etc.), la cooperación tiene un aliado natural.

En la ciencia académica, y mucho más en la relación entre empresas, los procesos de construcción de confianza son básicos, así como también el reconocimiento de los mutuos beneficios que genera la cooperación para ambas partes. Esto no significa desconocer la existencia de rivalidades. Los científicos, tecnólogos y empresarios, cada uno en distinta forma, buscan su propio interés y la cooperación debe ofrecerles ventajas para cada proyecto individual. El alto nivel de Argentina hace unos 10 años en varias áreas, sobre todo en biología, atraía a muchos científicos brasileños. Actualmente, sobre la base de un esfuerzo continuo y sistemático de formación de recursos humanos y de infraestructura, Brasil ha nivelado y aun supera a Argentina en muchas áreas. Eso puede llevarles a perder interés en cooperar con los argentinos.

De cualquier forma es importante que los científicos de los países socios del Mercosur mantengan un nivel semejante que permita la complementación con una cierta simetría: en este sentido es una responsabilidad enorme para la Argentina mantener una calidad que no disminuya los estímulos que posee la comunidad científica brasileña para la cooperación. Es absolutamente necesario detener el declive continuo que ha venido sufriendo la comunidad científica local. La primera condición para la cooperación es mantener un nivel nacional que haga que la cooperación tenga sentido.

Bibliografía

- Vessuri, H. "La ciencia en América Latina, 1820-1870", en *Historia General de América Latina*, vol. VI, cap. 23, Unesco, París (en prensa).
- Narváez-Berthelemot, N. y Russell, J. "Colaboración científica, Países del Mercosur, Análisis Bibliométrico", México, noviembre 1997 (mimeo.).
- Chudnovsky, D. y López, A. (1995), Programa de Cooperación Técnica BID-ATN/SF-4130-RE. *Informe final consolidado. Promoción y fomento de la innovación tecnológica desincorporada en la industria manufacturera en el Mercosur*. CENIT, Buenos Aires. febrero de 1995.
- Sebastián, J. (1999), "Informe sobre la Cooperación Académica y Científica de España con América Latina", Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas, CINDOC, CSIC, Madrid.
- Ribeiro Júnior, J. (1997) (Org.), "O Papel da Universidade e da Pós-Graduação no Processo de Integração Económica Regional", AUIP/UNESP, São Paulo, 1997.
- Velho, L. (1997), "Cooperação em Ciência e Tecnologia no Mercosul, Síntese Final", Ministerio de Ciencia y Tecnología – OEA, Brasília.

Estudios de caso realizados en el marco del Proyecto de OEA "Cooperación Científica y Tecnológica en el ámbito del Mercosur" (1997):

- Alencar, Luz Marina, "Cooperação em Ciência e Tecnologia no Ambito do Mercosul. Os Estados da Bahia e do Ceará".
- Argenti, Gisela; Barreiro, Adriana y Mígues, Carlos, "Relevamiento de la Cooperación en Ciencia y Tecnología en el Ambito del Mercosur. El caso de Uruguay".
- Corder, Solange; da Costa, Maria Conceição y Gomes, Erasmo, "O Estado de São Paulo".
- Da Costa, Maria Conceição y Velho, Paulo, "O Governo Federal".
- Daros, Marcia, "O Estado do Paraná".
- Davyt, Amílcar, "Estudio de caso de Paraguay".
- Guimaraes, Maria Cristina, "O Estado do Rio de Janeiro".
- Marí, Manuel, "Estudio de Caso de la República Argentina".
- Meneghel, Stela Maria, "O Estado de Santa Catarina".
- Mesquita, Leonardo, "O Estado de Minas Gerais".
- Paulino, Sonia, "O Estado do Rio Grande do Sul".
- Ramírez Guillermo, "Cooperación Científica y Tecnológica entre Chile y el Mercosur".
- Velho, Lea, "Documento Síntese do Levantamento da Cooperação em C&T no Ambito do Mercosur. O caso do Brasil".

Anexo metodológico

El estudio se realizó sobre la base de 168 entrevistas realizadas en tres niveles:

a) Primer nivel: autoridades de grandes instituciones (universidades, cámaras empresarias, instituciones o programas gubernamentales). Total: 43 entrevistas.

b) Segundo nivel: autoridades intermedias (decanos de facultades, directivos intermedios de instituciones). Total: 33 entrevistas.

c) Tercer nivel: científicos y tecnólogos integrantes de unidades de I+D. Total: 92 entrevistas.

Las entrevistas se realizaron en todo el país: Buenos Aires (44.6%), La Plata (19%), Córdoba (11.3%), Entre Ríos/Santa Fe/Rosario (3.6%), Corrientes/Resistencia (4.2%), Mendoza (7.7%) y Neuquén/Río Negro (9.5%). En algunas ciudades del interior se adoptó la técnica de grupos focales para analizar en forma participativa la situación de la cooperación en la institución, reuniendo a las autoridades e investigadores de una universidad o centro de investigación.

Se estudió principalmente la cooperación que se lleva a cabo en universidades y centros tecnológicos. En menor medida se hizo lo propio en asociaciones empresarias y algunas empresas del sector biotecnológico, donde la evidencia recogida muestra que en el sector empresarial la cooperación en I+D es muy escasa. Sin embargo el estudio no se extendió en la identificación y detección de empresas con prácticas cooperativas.

Aunque la intención del estudio no era hacer un relevamiento cuantitativo completo, con todo se pudieron relevar:

- 182 proyectos de investigación: 155 en las entrevistas, más otros 27 de un directorio realizado también en 1997 por la Secretaría de Ciencia y Técnica (SECYT), de proyectos de cooperación en I+D con Brasil.
- 14 posgrados conjuntos.
- 16 seminarios y cursos de especialización.
- 193 pasantías realizadas en 1997 de argentinos a otros países del Mercosur.
- 166 pasantías de otros países del Mercosur en Argentina.
- 193 participantes argentinos en seminarios de países del Mercosur.
- 207 participantes de países del Mercosur en seminarios en Argentina.

Representatividad del estudio

La investigación estuvo centrada en grupos y centros de investigación

donde se pudo constatar la existencia de cooperación CyT con otros países del Mercosur. De las aproximadamente mil unidades de I+D existentes en el país (considerando unidades como cabeceras institucionales de proyectos I+D), se han analizado 92 grupos de investigación; se han realizado encuestas a autoridades de más de 20 universidades y a una cifra menor de otros programas e institutos gubernamentales. Es decir, se ha cubierto sólo alrededor del 15% de las instituciones que tienen actividades científicas y tecnológicas. Sin embargo este grupo incluye: a) las instituciones en general más activas, b) las que podrían llamarse *centros de excelencia*, en particular los del CONICET (se han relevado actividades en 57 de sus 118 Centros, Institutos y Centros Regionales),¹⁸ c) y las universidades públicas con mayores capacidades de investigación.

Por tanto, podemos decir que, en cuanto a la extensión del fenómeno de la cooperación, *el estudio no es representativo del conjunto de las instituciones científicas del país, pero sí lo es de los centros de mayor excelencia*, pues se ha entrevistado prácticamente a la mitad de este último universo.

Anexos

Cuadros

Cuadro 1. Desde cuándo se realizan actividades de cooperación en CyT (respuestas registradas según nivel de entrevistado)

Tipo de entrevistado	Menos de 5 años	De 5 a 10 años	Más de 10 años	Total
Autoridades	9	12	18	39
Autoridades intermedias (Facultad)	11	8	10	29
Investigadores	25	13	26	64
Total	45	33	54	132

Desde cuándo se realizan actividades de cooperación en CyT (en %)

Tipo de entrevistado	Menos de 5 años	De 5 a 10 años	Más de 10 años	Total
Autoridades	23.1%	30.8%	46.2%	100%
Autoridades intermedias (Facultad)	37.9%	27.6%	34.5%	100%
Investigadores	39.1%	20.3%	40.6%	100%
Total	34.1%	25.0%	40.9%	100%

¹⁸ El CONICET cuenta en la actualidad con 40 centros, 58 institutos, 10 centros regionales, 11 comités y servicios, 10 laboratorios LANAIS, 50 programas, 2 microemprendimientos y 28 delegaciones regionales.

Cuadro 2. Porcentaje de la cooperación en CyT con el Mercosur como porcentaje de la cooperación con todo el mundo (respuestas registradas según tipo de institución del entrevistado)

Tipo de institución	Menos de 20%	De 20 a 39 %	De 40 a 59%	De 60 a 79%	Más de 79%	Total entrev.
Universidad pública	10	14	6	4	7	41
Universidad privada	4	2	2	3	3	14
Instituto Tecnológico o Científico	5	2	3	2	3	15
Empresa	0	0	0	1	1	2
Ente gubernamental	4	7	1	1	2	15
Centro CONICET	5	8	7	2	0	22
Cámara Empresaria	0	0	0	1	0	1
Total	28	33	19	14	16	110

Cuadro 3. Número de proyectos en cooperación con países del Mercosur, por país y área temática

País	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	Total
Brasil	4	38	19	3	14	5	8	5	96
Uruguay	1	4	1	2	0	1	0	1	10
Paraguay	0	0	0	0	0	1	1	0	2
Chile	0	2	4	0	1	1	3	6	17
Brasil y otro del Mercosur	2	0	0	0	0	1	0	1	4
Todo el Mercosur	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Brasil y Chile	2	0	0	0	2	2	1	1	8
Total	9	44	25	5	18	11	13	14	139
Total por área temática, en %	6.5	31.7	18.0	3.6	12.9	7.9	9.4	10.1	100

Nota: (1) Cubre varias áreas. (2) Ciencias Exactas. (3) Ciencias Biológicas. (4) Ciencias de la Salud. (5) Ing. y Materiales. (6) Informática. (7) Cs. Agrarias y Tec. de Alimentos. (8) Cs. Soc. y Humanidades.

Cuadro 4. Origen de la cooperación en CyT (respuestas registradas según nivel del entrevistado)

Tipo de entrevistado	(1)	(2)	(1) + (2)	(3)	(2) + (3)	(4)	Otros	TOTAL
Autoridades	8	16	10	0	7	1	1	43
Autoridades intermedias	3	16	5	2	3	0	0	29
Investigadores	8	38	5	5	5	2	1	64
Total	19	70	20	7	15	3	2	136

Nota: (1) Autoridades de la institución. (2) Iniciativa personal. (3) Programa Mercosur. (4) Programas internacionales.

**Cuadro 5. Factores que favorecen la cooperación en CyT
(respuestas registradas según tipo de institución del entrevistado)**

Tipo de institución	(1)	(2)	(3)	(1) + (3)	(2) + (3)	(4)	(5)	TOTAL
Universidad pública	17	8	4	2	2	3	13	49
Universidad privada	4	6	0	1	0	0	5	16
Instituto Tecnológico o Científico	5	8	3	2	0	1	5	24
Empresa	2	0	0	0	0	0	0	2
Ente gubernamental	4	4	5	1	0	0	4	18
Centro CONICET	3	8	3	1	0	1	6	22
Cámara Empresaria	3	0	0	0	0	0	0	3
Total	38	34	15	7	2	5	33	134

Nota: (1) Cercanía geográfica. (2) Problemas similares. (3) Apoyo político e instrumentos del gobierno. (4) Procesos políticos de migraciones. (5) Otros factores.

Cuadro 6. Factores que dificultan la cooperación en CyT, por nivel de entrevista

Tipo de entrevistado	Falta de fondos (1)	Falta de apoyo gobierno (2)	Falta de confianza entre pares	(1)+ (2)	Otros factores	Total
Autoridades	17	4	4	5	10	40
Autoridades intermedias	10	5	2	3	7	27
Investigador	30	5	4	8	12	59
Total	57	14	10	16	29	126



*Redes tecno-económicas
e irreversibilidad*



Redes tecno-económicas e irreversibilidad*

Michel Callon

En el presente texto Michel Callon propone un análisis de la ciencia y la tecnología a partir de la noción de Red Tecno-económica, entendida como un conjunto coordinado de actores heterogéneos (que incluye humanos y no-humanos). A partir de este concepto, en la primera parte del artículo se desarrollan las nociones de intermediario, actor y traducción, consideradas como herramientas de análisis apropiadas para comprender y describir los mecanismos por los cuales se ponen en relación actividades heterogéneas. En la segunda parte se muestra cómo se establecen y evolucionan las redes: las dos nociones centrales aquí son la de convergencia y la de irreversibilización, fundamentales para dar cuenta de la construcción y la evolución de las relaciones entre elementos en principio incommensurables. En una tercera parte se analiza la dinámica de las RTE, poniendo en evidencia la diversidad de trayectorias posibles. A su vez se presentan las herramientas (cualitativas y cuantitativas) utilizadas para describir y analizar las redes.

El análisis de la tecnología y de la ciencia se encuentra en el corazón de los debates sobre irreversibilidad, o de lo que sería más justo llamar procesos de irreversibilización y reversibilización. La paradoja es fácil de formular. Por un lado, la tecnología constituye una de las principales fuentes de restricción: conforma sistemas (Gille 1978; Hughes, 1983; Perrin, 1988), produce externalidades de red (Katz y Shapiro, 1986), se prolonga y cristaliza en reglamentaciones o normas (David, 1987) y, por efecto de la localización que produce, desca-

lifica de forma duradera algunas opciones (Arthur, 1989). Toda la economía del cambio técnico muestra en qué medida las hipótesis del modelo estándar, y la reversibilidad que éste supone, no pueden dar cuenta de estos fenómenos (Dosi, 1991; Godard, 1991; Foray, 1989). Pero, por otro lado, la tecnología y la ciencia están en el origen de transformaciones y de incertidumbres radicales: de repente surgen estados de cosas —propiamente hablando— impensables, se producen eventos imprevisibles (Bijker *et al.*, 1987). Las tecnocien-

* Publicado originalmente en Boyer, R., Chavance, B. & Godard, O. (eds.), *Les figures de l'irreversibilité en économie*, Editions de L'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, París, 1991, bajo el título *Reseaux Technico-economiques et irreversibilité*. Traducción de Jorge Charum. El resumen ha sido realizado por los editores de Redes.

cias engendran irreversibilidades pero también constituyen un poderoso incentivo para crear reversibilidad al hacer abundar nuevas opciones: de alguna manera, la partida nunca se acaba (Mackenzie y Wajcman, 1985). Quisiéramos mostrar en este texto que es posible dar cuenta —con los mismos instrumentos— de estos mecanismos de irreversibilización y de reversibilización, lo que permitirá, por otra parte, formular en términos nuevos el pasaje de lo micro a lo macro.

En el curso de los últimos diez años, sociólogos y economistas han llegado por caminos diferentes a la misma constatación: la creación científica y técnica, así como la difusión y la consolidación de sus resultados, surge de numerosas interacciones entre diversos actores¹ (investigadores, tecnólogos, ingenieros, usuarios, industriales). ¿Cómo describir y analizar estas interacciones para dar cuenta de las elecciones efectuadas?

¿Cómo explicar que en ciertos casos las trayectorias terminan por crearse y estabilizarse, mientras que en otros casos aparecen configuraciones nuevas? Es forzoso reconocer que no existen aún respuestas satisfactorias para estas preguntas.

Con el fin de intentar progresar en el análisis proponemos la

noción de red tecno-económica cuyo estudio nos conducirá a examinar la irreversibilidad bajo una nueva luz, así como a explicar el papel particular jugado por la tecnología. Contentémonos en esta introducción con una definición provisoria: una red tecno-económica (RTE) es un conjunto coordinado de actores heterogéneos: laboratorios públicos, centros de investigación técnica, empresas, organismos financieros, usuarios, y poderes públicos que participan colectivamente en la concepción, elaboración, producción y distribución de procedimientos de producción, bienes y servicios, algunos de los cuales dan lugar a una transacción mercantil. En ciertos casos, la evolución de estas RTE puede ser anticipada: los actores se comportan de manera previsible, las tecnologías y los productos evolucionan según trayectorias que son relativamente fáciles de caracterizar. En otros casos, los actores que componen las redes tecno-económicas disponen, al contrario, de importantes márgenes de maniobra: desarrollan complicadas estrategias, las innovaciones abundan y provocan reordenamientos inesperados. Las RTE pueden dividirse o, a la inversa, conectarse las unas con las otras para componer conjuntos más o menos vastos. ¿Cómo dar cuenta de la emergencia, creci-

¹ Ver entre otros: Callon y Latour, 1981; Callon, 1989; Dosi, 1984; Freeman, 1982; Gaffard, 1989; Hughes, 1983; Kline y Rosenberg, 1986; Latour, 1989; Von Hippel, 1988.

miento, clausura y desmembramiento de las RTE?

En una primera parte presentamos los instrumentos de análisis que permiten comprender y describir los mecanismos por los cuales se ponen en relación actividades heterogéneas: son introducidas las nociones de intermediario, actor y traducción. En la segunda parte mostramos como se establecen y evolucionan las redes: las dos nociones centrales aquí son las de convergencia, que da cuenta de la construcción de un espacio unificado a partir de elementos en principio inconmensurables, y la de irreversibilización, que permite abordar el problema de la durabilidad de estas conexiones y la predeterminación de su evolución. La tercera parte trata de la dinámica de las RTE: en primer lugar, poniendo en evidencia la diversidad de trayectorias posibles y subrayando que la definición misma de actor (de su identidad, de sus competencias) está estrechamente ligada al estado de la red, así como a las herramientas (cualitativas o cuantitativas) utilizadas para describirlas; luego se sugiere que uno de los mecanismos fundamentales de agregación es la puntualización de las redes.²

1. Actores e intermediarios

Para simplificar diremos que las RTE están organizadas alrededor de tres polos: a) el *polo científico* (C) que produce conocimientos certificados; comprende centros de investigación independientes (públicos o privados), universidades, y también laboratorios de empresas que forman parte de este polo en la medida en que sus actividades son de la misma naturaleza que las de otros centros de investigación universitaria; b) el *polo técnico* (T) que concibe, elabora o transforma artefactos destinados a prestar servicios específicos; sus productos pueden ser indiferentemente bocetos, modelos, prototipos, pruebas y ensayos, patentes, normas, reglas del arte; este polo comprende los laboratorios técnicos de las empresas, los centros de investigación colectiva, las plantas piloto; c) el *polo del mercado* (M) que agrupa a los usuarios que expresan (producen) más o menos explícita y directamente una demanda, unas necesidades, y que se esfuerzan por satisfacerlas. Entre estos polos tienen lugar actividades de intermediación.³ La eventual incorporación de ciencia en las técnicas da lugar a opera-

² Para la descripción de las redes tecno-económicas flexibles, me remito a otro artículo. Estas constituyen una de las formas dominantes de la actividad industrial contemporánea. Sobre la caracterización morfológica de las RTE, ver Callon *et al.*, 1990.

³ Estas actividades de intermediación son bastante parecidas a los compromisos entre naturalezas descritos por Boltanski y Thévenot, 1987.

ciones de *transferencia* (ST); la movilización de técnicas para satisfacer demandas, potenciales o expresadas, toma la forma de actividades que por convención calificaremos de *desarrollo-distribución* (TM): estas son, en general, tomadas a cargo por las empresas y sus redes de comercialización.

Todo debería separar estos diferentes polos: la naturaleza de sus actividades y su modo de coordinación. ¿Qué medida común existe en efecto entre un investigador que trabaja sobre la estructura fina de las cerámicas y un usuario que desea un auto confortable, que consuma poca energía, con un poder de aceleración seductor y... confiable? Estos dos universos son *en principio* tan extraños el uno y el otro como el agua y el fuego. Sin embargo, *en la práctica* ocurren ordenamientos, se producen vínculos entre este científico que espera con angustia el juicio de su colega, este ingeniero que se esfuerza por pasar del prototipo al experimento piloto sin divulgar información, y este consumidor que no desea ningún daño y que busca en la mirada de su vecino un signo de reconocimiento social. Si deseamos comprender cómo se ponen en relación estas actividades necesitamos explicar la creación de un espacio común y unificado entre estos polos hetero-

géneos, combinando los aportes de la sociología y de la economía.

¿Qué nos dice la economía?

Desde sus orígenes repite que son las cosas las que ponen en relación a los actores unos con otros. Un consumidor y un productor no entran en relación sino a través del producto que uno ofrece y el otro demanda; un patrón y un asalariado no comparten una comunidad de intereses, más o menos aceptada, sino en la medida en que se movilizan competencias incorporadas, se insertan en procesos de producción, son retribuidas en el marco de un contrato. Para no perderse la lección de los economistas basta con generalizar la noción de intermediario; esta noción servirá para designar todo lo que pasa de un actor a otro y que constituye la forma y la materia de las relaciones que se instauran entre ellos:⁴ artículos científicos, logicales, cuerpos humanos disciplinados, artefactos técnicos, instrumentos, contratos, dinero...

¿Qué nos propone la sociología, en la medida en que se sale del paradigma económico? Sustituir la imagen estilizada de los actores puesta en escena por los economistas por la de actores cuyos comportamientos no son inteligibles sino en relación al espacio común que construyen y en el que se encuentran sumergidos: el actor

⁴ Como se verá más adelante, la distinción intermediarios/actores debe ser manipulada con precaución puesto que sus definiciones están frecuentemente unidas.

y el sistema (Crozier & Friedberg, 1977) o la historicidad (Touraine, 1974) o incluso las reglas (Reynaud, 1989), el agente y el campo (Bourdieu, 1980), los papeles y las exigencias funcionales (Parsons, 1977). En todo actor hay un ser-ya-social oculto: lo que es y hace es indisociable de las relaciones en las cuales entra.

La economía nos enseña que la interacción pasa por la puesta en circulación de intermediarios; la sociología nos muestra que los actores sólo son definibles a partir de las relaciones que establecen entre ellos. Reuniendo los puntos de vista de la sociología y de la economía tenemos las dos piezas del rompecabezas: los actores se aprehenden en la interacción, en la interdefinición, y ésta se materializa en los intermediarios que ponen en circulación.⁵

¿Cómo un intermediario cualquiera puede ser soporte y agente de la interdefinición de los actores? Para responder a esta pregunta vamos primero a mostrar que los intermediarios juegan un papel activo en la definición del universo en el interior del cual circulan. En un segundo momento, propondremos tener en cuenta que los actores son identificados al término de un pro-

ceso de atribución que les imputa un conjunto de intermediarios de cuya producción y puesta en circulación son responsables.

1.1. *Intermediarios*

Para las redes que nos ocupan resulta cómodo distinguir cuatro grandes categorías de intermediarios entre todos los que se pueden identificar.

- Los textos o, de modo más general, las *inscripciones literarias* de todo tipo (Latour): reportes, libros, artículos, patentes, notas; de los cuales sería excesivo decir que constituyen bienes inmateriales, pues su inscripción y circulación supone soportes (papel, disquetes, cintas magnéticas) que resisten trasposos y aseguran una cierta inmutabilidad.⁶ Los identificaremos como *T* y nos interesaremos particularmente por los textos científicos.

- Los *artefactos técnicos* (instrumentos científicos, máquinas, robots, productos de gran consumo...) que son agrupaciones organizadas y (relativamente) estables de entidades no humanas que cooperan con vistas a cumplir ciertas funciones, realizar ciertas tareas. Los identificaremos como *NH*.

- Los seres humanos y las

⁵ La solución que propongo para establecer un puente entre economía y sociología es diferente de aquella a la que conduce la noción de "embeddedness" retomada por Granovetter, 1985. Las redes que él describe, puras asociaciones de seres humanos, son muy diferentes de las RTE.

⁶ Sobre esta noción de inmutabilidad, esencial para comprender la acción a distancia, ver Latour, 1989.

capacidades (saberes, saber-hacer,...) que incorporan, identificados como *H*.

- El *dinero*, *M*, bajo sus diferentes formas.

Vamos a mostrar que cada intermedio, cualquiera sea la categoría en que se sitúe, describe (en el sentido de una descripción literaria) y compone (en el sentido de una puesta en forma), por sí mismo, una red de la que es de alguna manera el soporte y el ordenador.

Los textos-red

Tomemos el caso de los textos, limitándonos a los textos científicos que juegan un papel esencial en las redes que nos interesan (Callon *et al.*, 1986; Latour, 1989).

Un texto científico es un dispositivo que establece empalmes y conexiones de todo tipo con otros textos y otras inscripciones literarias. La elección de una revista, la elección de la lengua, la elección del título: he aquí varios mecanismos muy simples por los que un artículo se hace una audiencia y comienza a identificar y a definir un público interesado. En la lista de autores se revela información precisa sobre eventuales colaboraciones (entre investigadores, entre laboratorios, entre universidad e industria), pero igualmente sobre la

implicación relativa de los diferentes autores en la realización del programa. Estas pocas inscripciones (nombre de la revista, título, autores...) constituyen un comienzo de descripción de la red anudada por el texto. Con las referencias y citas que muestran el trabajo realizado por un texto dado sobre todos los textos (científicos) con los cuales está ligado, se construyen nuevas relaciones, nuevos actores son identificados y asociados.

Las palabras, nociones o conceptos, y las frases que las organizan, ponen en escena toda una población de entidades humanas o no humanas, ya conocidas o completamente inéditas, que se interdefinen en el curso del relato, se ponen a prueba mutuamente, ensayan sus identidades, se transforman o se estabilizan: se ve a electrones, enzimas, agencias públicas, extraños óxidos, procedimientos de síntesis, dispositivos experimentales, firmas poderosas como IBM, sectores industriales enteros —cuyos desempeños y competencias se ponen a prueba a lo largo de los párrafos—, mezclar sus destinos y transformar (como en las novelas americanas) vidas que bien podrían nunca haberse encontrado, en destinos anudados, en “dramas socio-técnicos”.⁷ Todas

⁷ Un artículo científico relata una historia que toma al lector y lo conmueve, cuando tiene éxito, tan profundamente como *La Educación Sentimental*: “Pero a decir verdad no fue muy lejos esa mañana, porque casi sobre la pila, ahí donde su estudiante Li Gao lo

estas palabras remiten a otros textos que las asocian bajo formas diferentes y prolongan la red inicial.

Hay que sustituir el texto cerrado sobre sí mismo, al que le opondríamos "clásicamente" su contexto como algo distinto a su contenido, por este texto sin interior ni exterior, dispositivo que define y asocia entidades heterogéneas, sus actuaciones y sus competencias: *el texto científico es una red que por sí misma provee su propia descripción.*⁸

Esta equivalencia entre un texto y la red que describe, meticolosamente demostrada por la sociología de las ciencias, podría ser extendida sin dificultad al conjunto de las inscripciones que circulan en las RTE (desde los diagramas, notas de trabajo al interior de los laboratorios, hasta las patentes,⁹ modos de empleo, catálogos, estudios de mercado...). Si nos hemos focalizado sobre los textos científicos es porque juegan un papel cada vez más importante en las redes que nos interesan: ¡La actividad económica podría ser descrita como una empresa de producción de mercancías a partir de textos científicos! Igualmente se nos permitirá sugerir que hacer equivalente un interme-

diario a una red no es otra cosa que desplegar las descripciones que contiene y que le dan el contexto sin el cual no sería nada.

Los dispositivos técnicos como redes

¿Por qué misteriosa alquimia un agrupamiento de no humanos *NH* (herramienta, motor de explosión, magnetoscopio, central nuclear, máquina para distribuir los tickets del metro...) puede ser descrita como una red que define y vincula actores heterogéneos? Los desarrollos recientes de la sociología de las técnicas, y en particular el trabajo pionero realizado por Akrich y Latour, nos permiten responder sin ambigüedad a esta pregunta.

Un dispositivo técnico es asimilable a un programa de acción que coordina un conjunto de papeles complementarios, desempeñados por no humanos (que constituyen el dispositivo) y por humanos (difusores, utilizadores, reparadores...) u otros no humanos (accesorios, sistemas integrados) que conforman los periféricos o las extensiones. Las descripciones que ponen en evidencia estos programas son fáciles de imaginar: basta con captar el dispositivo en

había colocado en la víspera, había un artículo de cinco páginas recién fotocopiado tomado del *Zeitschrift für Physik*. Chu tuvo dificultad para contener su excitación al leer el título: "Possible high T_c superconductivity in the Ba-La-Cu-O system" (Hazen, 1989, p. 24).

⁸ La cientimetría es una disciplina consagrada por completo al desciframiento de las inscripciones que hay en los artículos.

⁹ Para un análisis que muestra cómo una patente puede ser descifrada, ver Bowker (1989).

la dinámica de su funcionamiento para identificar los diferentes órganos o actores que intervienen, lo que hacen, la manera en que se comunican, se dan órdenes, se interrumpen, observan ciertos protocolos. Estas descripciones, es decir, estas "puestas en texto" de redes coordinadas por dispositivos técnicos, son frecuentes. Un dispositivo técnico nunca es tan mudo como uno podría creer. Esta traducción, que hace pasar un agrupamiento de no humanos del silencio a la palabra, se opera en múltiples ocasiones que son fáciles de enumerar. No retendremos más que dos.

Las más evidentes son las que coinciden con las fases de *elaboración* o de *discusión* (Akrich, 1988; Callon y Latour, 1981; Latour y Coutouzis, 1986; Law, 1986a; Law y Callon, 1988). Cuando el dispositivo está en estado de proyecto es permanentemente discutido: ¿Cuáles deben ser sus características? ¿Quién debe utilizarlo? ¿Para qué debe servir? ¿Qué debe hacer? ¿Cuáles deben ser las competencias de los usuarios? ¿Quién debe intervenir para su mantenimiento? Estos debates son siempre socio-técnicos. Hemos mostrado así que los ingenieros se transforman en sociólogos, en historiadores, en moralistas o en politólogos, en el momento mismo en que son acaparados por las tareas más técnicas de la concepción: ¿Debe un automóvil ser un simple

medio de transporte, económico y sin lujo; o, al contrario, un elemento esencial de categoría, una máquina para saciar pasiones reprimidas (Callon, 1987)? ¿Es bueno tolerar la intervención de los usuarios cuando se descompone un *kit* fotovoltaico de iluminación o bien hay que hacerlo completamente hermético para evitar que reparadores novatos se arriesguen a dejarlo fuera de uso (Akrich, 1988)? Al responder a cada una de estas preguntas, quienes conciben los objetos realizan simultánea e indiciablemente elecciones técnicas y sociales, es decir que reparten los papeles por desempeñar entre el dispositivo y su medio. Cuando su definición está en curso, el objeto técnico es permanentemente re-sumergido en los contextos socio-económicos que le son asignados y que constituyen otras tantas puestas en red posibles.

Las situaciones de *aprendizaje* (en las que el instructor describe el funcionamiento del dispositivo y define los papeles respectivos de las partes que lo componen, de sus usuarios...), de desperfectos, de instalación, son igualmente favorables a la "puesta en texto" de los dispositivos técnicos y a la descripción de las conexiones y de las conductas que ella implica. La red "inscrita" en el dispositivo es detallada, inspeccionada, al mismo tiempo que se efectúa el aprendizaje: ¿A qué papeles humanos (manipular tal vál-

vula, verificar tal pantalla y, si el resultado es positivo, accionar tal palanca, oprimir el botón del ratón cuando el computador se lo solicite...) apela el artefacto? ¿Cuáles son los empalmes por realizar en otros dispositivos técnicos? La máquina es así interpretada, deconstruida, es decir puesta en su contexto, sin que estas operaciones consistan necesariamente en recorrer en sentido inverso el camino seguido por los encargados de la concepción (Akrich, 1991).¹⁰

Los trazos escritos de esta puesta en palabras¹¹ y de las controversias a las que dan lugar son numerosos: que se piense en los códigos de procedimientos, en los cuadernos de mantenimiento y otros modos de empleo que acompañan a estos dispositivos en todos sus desplazamientos (Akrich, 1989b). En ciertos casos, los únicos elementos que permanecen están inscritos en la máquina, bajo formas que varían de un dispositi-

vo a otro pero que apelan siempre a las competencias supuestas de los humanos encargados de hacerla funcionar: señales de diferentes colores, textos en forma de consignas escritas sobre el dispositivo (off/on; registrar; apagar); acciones de la máquina que llaman al orden a los humanos, jugando con sus cuerpos, sus sensaciones, incluso sus reflejos morales (Latour, 1988a).¹² Un artefacto no es nunca ese enigmático y frío montaje al cual se lo reduce frecuentemente; cuando se encuentra con su usuario viene cargado con una oleada de discursos que exhiben las cicatrices de las puestas en texto que han acompañado su concepción y su desplazamiento (Akrich, 1989a).

Esta capacidad que tiene el dispositivo técnico de distribuir (de manera más o menos apremiante y explícita) los papeles entre humanos y no humanos y de mantenerlos juntos (es decir, de contener una red), significa que es asimila-

¹⁰ Hay tantos elementos no pensados, tantos *lapsus* en una obra técnica como en el discurso de un analista y los usuarios. De ahí la importancia del *learning by using* apreciado por los economistas.

¹¹ La "puesta en texto" se produce igualmente cuando el objeto da lugar a controversias que son otras tantas puestas en red explícitas y contradictorias: las descripciones (en forma de acusaciones) que son propuestas por los diferentes protagonistas mezclan jocosamente técnicas y sociedades. La interpretación de una central en el momento de su cuestionamiento no es menos abierta, contradictoria, copiosa, que la de *Las flores del mal*. El dispositivo técnico no es ni más ni menos transparente, ni más ni menos opaco que la obra literaria. El siglo XXI será el de las críticas de la "tecnología", que develan y comentan las redes asociadas, como el siglo XIX fue el de las críticas literarias.

¹² El despertador que suena, se detiene con la voz, recomienza hasta que un movimiento pone físicamente fin a su alarma; las cadenas que impiden que el obrero deje triturar sus manos por la prensa; la locomotora eléctrica que se inmoviliza en el momento que la presión del pie del conductor se interrumpe; la imagen de televisión que provoca un gesto de solidaridad.

ble a un programa de acción en el que las traducciones literarias son inevitables, incluso si toman formas variables. Aquí, de nuevo, la red se lee en el dispositivo.

Las competencias-red

Tratándose de competencias incorporadas no es difícil mostrar cómo se hacen “presentes”, actualizándose permanentemente, toda una serie de entidades sin las que serían incapaces de realizar lo que uno espera de ellas. Existe toda la gama, desde aquellas por las que se interesan los cazadores de talentos, y que no tienen otras propiedades distintas a poder movilizar en todo momento una red de relaciones sociales (es decir, de seres humanos), hasta las de los técnicos puros, cuya cualidad “esencial” es la aptitud para acoplarse a colectivos de no humanos que no sabrían funcionar sin ellas (un experto en informática de determinados sistemas; un obrero especializado cuyo cuerpo ha sido disciplinado suficientemente para que se aloje sin mayor riesgo entre una larga cadena de autómatas). Entre estos dos extremos tienen lugar todas las configuraciones imaginables: capacidad de vincularse con un universo “puro” de textos codificados (por ejemplo, un experto contable o un oficinista cualquiera), o de moverse en un mundo saturado de ins-

trumentos financieros. En una palabra, no podemos describir una competencia sin reconstituir la o las redes hechas de humanos, de textos o de máquinas, sin las que no sabría manifestarse o ser puesta en obra (Cambrosio y Limoges, 1990; Mustar, 1989). Una vez más la descripción libera los contextos.

El dinero-red

Consideremos dos de las tres funciones tradicionales del dinero, visto como instrumento de intercambio o como reserva de valor. En el primer caso, retorno obligado del destinatario hacia el remitente,¹³ el dinero es el soporte de remisión de información mínima y esencial; constituye, en tanto que tal, a la vez al proveedor y a su cliente, midiendo por otra parte su vinculación. Estabiliza y sanciona la relación que otras categorías de intermediarios proponen. Se trata de nuevo de una descripción de red: identidad de los actores ligados, naturaleza e intensidad de la relación. Por otro lado la economía, en tanto que disciplina, se ha construido sobre el análisis sistemático de esta relación, sobre lo que ella dice de los actores implicados y de su compromiso. No es, bien entendido, sino una forma de retorno, de reenvío: el reconocimiento, la reputación, la legitimidad, la fidelidad, la credibilidad, son otros retornos posibles; pero no los examinaremos aquí

¹³ Utilizamos estas nociones en el sentido semiótico que les corresponde.

porque juegan un papel secundario en las redes que nos ocupan.

Para la función de reserva de valor del dinero las cosas son todavía más claras, sobre todo si se mira únicamente desde el punto de vista de las financiaciones, privadas o públicas, que autoriza (Aglietta y Orlean, 1982). Tomemos el caso extremo del capital de riesgo y la financiación de la investigación: todo compromiso financiero se apoya sobre un plan, un programa de acción que es de alguna manera la contraparte del préstamo. Aquí, de nuevo, el dinero es puesto en texto, es traducido en órdenes, indicaciones, recomendaciones que ponen en escena, definen y ligan toda una serie de actores heterogéneos, humanos y no humanos: coopere con X de Thomson y con Y del Laboratorio de Z, y si obtiene una temperatura crítica de 150 °K para el compuesto *6á, entonces le será atribuido un préstamo de Å£. Se vuelve a encontrar la distribución de papeles que hace equivaler un intermediario con una red.

De los intermediarios puros a los intermediarios híbridos

Hasta aquí hemos hablado de algunas categorías "puras" de intermediarios. Son casos límite que no se encuentran jamás. Los intermediarios que circulan y que se observan son *híbridos*.

Esta "mezcla" vale sobre todo para los textos que son los acompañantes obligados de otras categorías de intermediarios. La puesta en textos se generaliza y entramos en una civilización de inscripciones que cubren las otras formas de intermediarios. Las inscripciones son las que refuerzan la equivalencia entre intermediarios y redes, haciéndola a la vez más explícita, es decir más visible, más legítima pero también más disputable. *Cuanto más se l'ée" más se l'íga",** y más gana en importancia el establecimiento de compromisos.

La hibridación *H-NH* no está menos generalizada; hasta tal punto que se vuelve más y más difícil separar estas dos categorías de intermediarios. El mejor ejemplo de esta hibridación es provisto por los llamados sistemas de inteligencia distribuida, que mezclan en una indiferenciación que haría temblar a R. Girard, computadoras que requieren de especialistas en informática y especialistas en informática que movilizan computadoras. ¿Quién negocia con quién? ¿Quién implica a quién? ¿Quién actúa y quién sigue? Todas estas preguntas están abiertas y las respuestas dependen de la disposición interna de estas agrupaciones, de su propia constitución.

La impureza es la regla, como lo muestra el lugar preeminente ocupado en la economía por lo que

* Juego de palabras en el original: Plus on li"t" et plus on li"e". [N. del E.]

se ha convenido en llamar los servicios, intermediarios que toman la forma de agrupaciones del tipo: {T; H-NH; H; NH; M...}. El producto vendido por el Club Méditerranée, Cap Sogeti o la CISI, consiste en una mezcla de humanos y no humanos, de textos y de productos financieros que son requeridos según secuencias perfectamente coordinadas. Para que el Sr. Durand pueda instalarse en las orillas del lago de Ranguiroa (desde donde observa el movimiento de los peces cirujano que los reflejos del agua juntan con el movimiento de los cuerpos bronceados que lo rodean), y ocupar este papel, por el cual no ha lamentado tener que pagar el equivalente a tres semanas de trabajo, ¿cuántas computadoras, aleaciones capaces de soportar el impulso de los reactores en el momento del despegue, oficinas de estudios, encuestas de mercado, mensajes publicitarios, anfitrionas acogedoras, nativos que han disminuido su deseo de independencia y se han preparado para sonreír en el momento de cargar las valijas, préstamos bancarios, intercambios de dinero, etc., habrá sido necesario alinear? En sí mismo, este intermediario complicado y monstruoso que establece una relación al principio improbable entre los sueños y los intereses del señor Trigano y el papel asignado al señor Durand (el cual puede ser sustituido sin daño por el primer Pérez que aparezca) no funciona de modo diferente al

pisa-papas que asigna al señor Martin un papel particular: el ser humano que tiene hambre y ha decidido pasar por este utensilio para tener el derecho y la posibilidad de comer puré de papas. Lo que hay al final de la cadena es igual de fácil de describir en los dos casos: un papel aceptado (extenderse bajo el sol sobre la arena blanca o pisar papas), cualquiera sea la complejidad y la heterogeneidad del intermediario que produce y permite este programa de acción. El análisis que proponemos de los intermediarios permite estudiar la economía de los productos "materiales" y la de los servicios "inmateriales" sin cambiar de equipamiento teórico: basta para ello con aceptar la mezcla de algunos textos y humanos, complementarios en las agrupaciones en cuestión.

Descifrar los intermediarios

Estas consideraciones, en forma de breves llamamientos, muestran que cada intermediario (sea puro o híbrido) describe, más o menos explícitamente y de manera más o menos consensual, una red, es decir un conjunto de entidades humanas o no humanas, individuales o colectivas (definidas por sus papeles, su identidad, su programa...) y las relaciones en las que ellas entran. Esto implica dos consecuencias. La primera tiene que ver con el papel crucial jugado por los intermediarios en el establecimiento

del vínculo social, al cual dan existencia y consistencia: *los actores se interdefinen en los intermediarios que ponen en circulación*. La segunda es de orden metodológico: *lo social se lee en las inscripciones que están marcadas en los intermediarios*. El Renacimiento se sumerge con delicia en la lectura del gran libro de la Naturaleza. Nosotros debemos continuar la metáfora y lanzarnos a la lectura febril de todos los intermediarios que pasan por nuestras manos; a la lectura de los artefactos, los textos científicos, los cuerpos disciplinados, y del frío dinero. La sociología no es sino una extensión de la ciencia de las inscripciones, debe apartarse de los actores para interesarse en los intermediarios que los hacen actuar y hablar.

1.2. Actores

Llamamos actor a toda entidad (que puede asociar los diferentes elementos que hemos tenido ocasión de enumerar en varias ocasiones: *T; H; NH; M*) que define y construye (con más o menos éxito) un mundo poblado de otras entidades, las dota de una historia, de una identidad, y califica las relaciones que las unen. Si nos atuviéramos a esta

definición no sería falso decir que todo intermediario puede ser un actor. Un texto científico responde a esta definición: si produce el efecto de convicción buscado, contribuye a hacer existir "realmente" al lector que, si está dotado de las competencias requeridas, puede movilizar la red escrita por el texto para consolidarla y en ciertos casos transformarla. Un texto, igual que un discurso, actúa en el sentido preciso que acabamos de darle a esta expresión.¹⁴ Igualmente, y de manera aún más directa, un dispositivo técnico actúa porque define y construye un conjunto de papeles desempeñados por humanos y por no humanos. Estas observaciones podrían ser extendidas sin dificultad a todas las categorías de intermediarios, sean puros o híbridos. Propiamente hablando, estas acciones pueden o no estar coronadas con éxito: el artículo puede no encontrar lectores o ser deconstruido por quienes acepten "recorrerlo"; una máquina puede oxidarse frente a la mirada distraída de usuarios escépticos; una competencia incorporada puede no encontrar más empleador y revelarse inadaptada a las técnicas en uso; una subvención puede ser negada porque el programa que propone es considerado incepta-

¹⁴ ¿No se habla del *speech act* (Austin, 1970), del *text act* (Coleman, 1988)? Por otro lado, sería fácil dar ejemplos de textos que desencadenan actos de manera perfectamente regular: un cheque firmado produce una transferencia de una cuenta a otra; basta con una firma al final de un acto notarial para abrir las puertas de un apartamento a su nuevo ocupante; basta con una instrucción digitada en el teclado de un computador para desencadenar el comienzo de una impresión.

ble o muy limitante... Estas conmi-naciones se inscriben en el o los intermedarios¹⁵ que les prestan su materia para hacerlas existir: si nada es dicho o inscrito (y hemos mostrado que hasta la materia más inerte es elocuente) entonces nadie actúa. La acción se sostiene completamente en la circulación de estos intermediarios abigarrados que portan los mensajes y describen (en los dos sentidos del término) las redes inscritas en los materiales de que están constituidos. En estas condiciones, ¿hace falta reintroducir a todo precio la noción de actor en lugar de contentarse con la de intermediario? Veremos que esta distinción es esencial cuando uno busca dar cuenta de los mecanismos de atribución.

Toda interacción incluye un mecanismo de atribución de intermediarios. Por otra parte, la atribución se encuentra inscrita frecuentemente en los intermediarios mismos: el texto científico y el

dispositivo técnico son firmados, rubricados; la competencia incorporada es atribuida, por lo menos en nuestro derecho, al cuerpo mismo y al sujeto que se considera que lo "anima"... Uno de los pivotes de la descripción dada por un intermediario cualquiera es la identificación del actor que reivindica la atribución de los *derechos de autor*. Esta atribución, como todas las otras hipótesis hechas por el intermediario, es siempre susceptible de ser puesta en cuestión: no es menos controvertida que los otros elementos de la red. Su solidez o su legitimidad dependen de las convenciones que supone y sin las cuales la imputación sería improbable. De estas observaciones resulta, y volveremos sobre este punto fundamental, que un actor no difiere en nada de un intermediario si no es por el mecanismo de atribución del que es objeto: *un actor es un intermediario al que se le imputa la puesta en circulación de otros intermediarios*.¹⁶ Así

¹⁵ Estos intermediarios son textos, dispositivos técnicos, cuerpos, dinero... Pero la lista debería ser completada, para mostrar la diversidad de intermediarios posibles, si se quisiera construir una teoría general aplicable a otras redes distintas a las que nos interesan en este texto: desde las frases producidas sin pensar sobre el diván del analista hasta los susurros de arrepentimiento en un confesionario, pasando por las acusaciones lanzadas por un brujo zande... Nuestro análisis de los intermediarios nos ha preparado para considerarlos como los soportes de la comunicación: organizan redes y ponen en relación sus elementos constitutivos. La vieja señora que repite por enésima vez al sacerdote hastiado la misma lista de pecados, conforma un mundo de eclesiásticos que perdonan, de seres no humanos que aman, castigan, tientan o socorren (Dios, sus santos y ángeles; Satán y sus pompas), de prójimos de figura humana que se contentan con ser destinatarios de acciones buenas o malas.

¹⁶ Imaginemos que nuestro analizado o nuestra señora que se confiesa de la nota precedente no sean considerados aquel o aquella a quien puede ser imputado el discurso que él/ella profiere (este caso no es del todo irreal: la cura analítica comienza por afirmar que "ello" y no el sujeto es quien habla; el exorcismo busca desalojar a Satán). El

concebido, el actor puede ser descrito como un transformador que produce (por combinaciones, mezclas, concatenaciones, degradaciones, computaciones, anticipaciones...) una generación $N+1$ de intermediarios a partir de una generación N : el investigador transforma textos, dispositivos experimentales y subvenciones en nuevos textos; la firma combina máquinas y competencias incorporadas para dar existencia, a través de los bienes puestos en circulación, a usuarios que desempeñan ciertos papeles. El actor es quien imagina, elabora, transforma y pone en circulación o emite (alcanza con pasar revista a todos los intermediarios, todas las combinaciones de intermediarios, para encontrar los verbos de acción y elucidar ciertas coincidencias: se emite un préstamo, un mensaje...).

La consecuencia de esta definición es la que conduce a recha-

zar el discurso esencialista para distinguir entre los actores y los intermediarios.¹⁷ ¿Un agrupamiento es un actor o un intermediario? ¿Un actor es una fuerza de conservación o de transformación? La respuesta no tiene nada que ver con la metafísica, la ontología o la filosofía de los derechos del hombre. Es ante todo un problema empírico cuya solución se encuentra en la observación.¹⁸

Consideremos una central nuclear, agrupación híbrida y monstruosa cuyo funcionamiento resulta de la interacción reglada de barras de grafito, de turbinas, de átomos que fisioan, de operarios que vigilan tableros de mandos, de señales intermitentes, de placas de hormigón, de ingenieros que siguen las palpitations del monstruo. ¿Por qué negarle a priori el derecho de ser un actor completo? "Ella" (es decir la agrupación heterogénea) transforma todo lo que la alimenta (documentos, consignas, com-

actor se desplaza al mismo tiempo. El analizado no es sino el soporte escogido por el inconsciente para expresarse: se convierte en síntomas por descifrar. La señora que se confiesa no ejerce su libre arbitrio sino que está poseída por el Demonio. Como se ve en estos ejemplos, el observador no tiene que oponer su interpretación a la de los actores para indicar el recurso al inconsciente o al diablo con el fin, por ejemplo, de volver a dar al analizado, o a la señora que se confiesa, la responsabilidad de sus intermediarios.¹⁷ Es curioso constatar que la economía de las convenciones, la cual ha ido muy lejos en el cuestionamiento del modelo estándar, sea presa del temor en el momento de entender la noción de actor: "Los actores de número se ponen de acuerdo sobre el hecho que el lugar admitido de común acuerdo no debe conducir a renunciar a los preceptos del individualismo metodológico: los únicos actores son personas, se les aprehenda o no como miembros de un colectivo o de una institución, o en el ejercicio de una función de representación de un grupo" (Dupuy, 1989a-b; ver también las otras contribuciones en el mismo número de *Revue économique*).

¹⁸ Esto me lleva a precisar que, al hacer de los cuerpos humanos una categoría particular de intermediario, ¡no he sin embargo prohibido que un ser humano pueda ser un actor!

bustible, agua, competencias, líneas del presupuesto) en electrones transportados hasta usuarios equipados con contadores azules, con cubetas de electrólisis, pero también en impuestos locales que enriquecen a algunas municipalidades, en rechazos que suscitan la formación de grupos ecologistas, a quienes teme. La red, hacia arriba y hacia abajo, sobre la cual "ella" actúa, contentándose en lo esencial con reforzar las identidades y los vínculos existentes, no es evidentemente difícil de poner en evidencia. ¿Puede uno llamar actor a un dispositivo tan previsible, simple caja negra que transforma entradas conocidas en salidas programadas? Para responder a esta pregunta el observador debe seguir el principio metodológico promulgado anteriormente: ¿existe un mecanismo de atribución que transforma a la central en autor completo, de todos o parte de los intermediarios que pone en circulación? La respuesta no puede ser obtenida sino al término de una investigación. Sobre la base de lo que sabemos parece que falta mostrar matices. Por un lado, la central es sobre todo descrita como un simple eslabón en una cadena que va del usuario hasta la dirección de la EDF, es decir hasta los terribles nucleócratas que así lo han querido. En este caso la imputación identifica actores, pero pasando a través de la central sin detenerse en ella y sin considerar a los humanos que participan en su funcionamiento: estos son sumergidos en la indiferencia más terrible y se convierten en compañeros de inacción de turbinas, isótopos,

bombas y circuitos de enfriamiento... Por otro lado, en ciertas controversias e interpretaciones, la central puede ser cuidadosamente distinguida de todo lo que se encuentra arriba de ella y constituir un punto de detención en el proceso de atribución: es suficiente que algunos duden de su previsibilidad y seguridad, llamando la atención sobre determinados dispositivos técnicos juzgados poco fiables, o sobre determinados operadores que fácilmente pueden distraerse. Esta ambigüedad —que transforma a un agrupamiento en un intermediario aliñado por otros actores que están detrás suyo y lo ponen en circulación o que, al contrario, lo elevan a la dignidad de actor completo que introduce secuencias y asociaciones inesperadas y no programadas— es la materia misma de las controversias que atraviesan nuestras sociedades. Su intensidad depende claramente de las circunstancias: cuando Chernobyl expande sus nubes sobre Europa y va a contaminar los renos de Laponia, entonces la central-actor se impone de nuevo sobre la central-intermediario y el discurso que presenta la tecnología como una fuerza incontrolada y autónoma, es decir como un actor completo (Ellul, 1964; Winner, 1977, 1986), vuelve a ganar terreno sobre el discurso que la reduce a ser un simple instrumento que los hombres en sociedad utilizan para lo mejor o para lo peor. Esto muestra el desplazamiento ínfimo que hace pasar a un agrupamiento del estado de actor al de intermediario. Es una cuestión del punto de detención

del proceso de atribución. O bien uno se fija sobre la agrupación sin ir más allá y obtiene un actor; o bien uno pasa a través suyo para remontar la red y obtiene un intermediario.¹⁹

El actor, lo mismo que el intermediario, puede ser un híbrido que combina diferentes elementos; puede además ser colectivo o no. En todos los casos, el observador está obligado a hacer una ontología de contenido y de geometría variable. Esta variabilidad del actor se aplica a todas las formas de agrupamiento: vale tanto para los sistemas de inteligencia distribuida como para las empresas o las asociaciones de humanos y de no humanos.²⁰

2. Las redes

Todo agrupamiento, sea actor o intermediario, describe una red, es decir que identifica y describe otros agrupamientos, actores e intermediarios, así como la naturaleza y la forma de las relaciones que les unen. Cuando estas descripciones inscritas en la materia de las agrupaciones son objeto de imputación, entonces emergen actores que constituyen otros tantos puntos de detención, de asimetrías o de pliegues (Deleuze, 1989). Intermediarios de rango N , que distribuyen los papeles en los que A acepta colocarse (excepto negociaciones y adaptaciones), se consideran transformados por la

¹⁹ Una definición así deja abiertas un cierto número de cuestiones irritantes, como la del acoplamiento entre humanos y no humanos que ha obsesionado y continúa obsesionando a la antropología y a las ciencias así llamadas humanas. Un bello ejemplo de esta angustia, que podríamos asimilar al temor del lobo, se encuentra en la "Lección sobre la lección" de Bourdieu: "Basta con pensar en lo que ocurriría si, como en la fábula, los perros, los zorros y los lobos tuvieran voz en el capítulo que trata de la clasificación de los cánidos" (Bourdieu, 1982). Es claro que las categorías habituales humano/no humano, viviente/no viviente, no dan cuenta por sí solas de la distinción entre actores e intermediarios. Se pueden dar ejemplos de seres humanos "reducidos" al estado de intermediarios y, al contrario, de no humanos "elevados a la dignidad" de actores, como los que hay en el derecho de las personas morales o en el derecho de las cosas. En realidad, son posibles todas las configuraciones, incluso si en la práctica las convenciones vigentes, los principios del derecho, están ahí para hacer ilegítimas ciertas imputaciones o ciertas reducciones.

²⁰ Las agrupaciones de humanos exentas de no humanos son muy raras: un no humano viene casi siempre a deslizarse entre dos cuerpos. Pero incluso el cuerpo a cuerpo sin intermediarios —es decir la pura asociación de humanos, que no se produce en realidad sino en el acto sexual (a excepción de los preservativos que señalan la toma en consideración de ese pequeño actor-intermediario que es el virus del SIDA)— puede siempre dar lugar, por parte de no importa cuál de los participantes comprometidos, a interpretaciones, y por lo tanto a imputaciones contradictorias: ¿Es A para B otra cosa distinta al soporte de un instinto brutal y sin consciencia? ¿No es A sino el delegado de sus genes, de los que es un intermediario fiel, o debe B imputarle ese dominio de sí que le hace asumir su acto, transformándolo en un "mensaje" de amor? ¿Quién sabrá responder definitivamente y sin dudar a esta terrible pregunta? ¿Quién sabrá decir dónde está el actor?

actividad propia de A que los ree-labora en intermediarios de rango $N+1$, los cuales son otros tantos escenarios que llevan la firma de su autor y que están a la búsqueda de actores listos a ocupar los papeles inscritos. Esto lleva a hablar del actor-red, que se puede anotar $R(A) = Br^1C, Cr^2E, Fr^3H, Kr^4N, \dots$ $R(A)$ significa que se trata de la red descrita por A , es decir inscrita en los intermediarios cuya puesta en circulación es imputada a A . De A se puede decir que define (por intermediarios interpuestos) una serie de entidades-agrupaciones B, C, E, F, H, K, N (actores o intermediarios, humanos o no humanos, puros o híbridos, colectivos o no...) al mismo tiempo que las relaciones r^1, r^2 que ligán estas entidades-agrupaciones. $R(A)$ no es otra cosa que la acción misma que construye las redes (sea para consolidar las que ya existen, sea para hacer emerger nuevas) poniendo en circulación intermediarios: no tenemos necesidad de otras definiciones.

Una vez establecida la distinción, pero también la estrecha interdependencia de los actores y los intermediarios, queda por resolver un problema. ¿Cómo se concilian los diferentes actores-red que *a priori* no tienen ninguna razón para ser compatibles los unos con los otros (B no acepta la definición dada por A ; C da otra identidad a B ...)? ¿Cómo, a partir de estas posibles divergencias, explicar la

creación de un acuerdo, de una compatibilidad, y dar cuenta de su durabilidad? La respuesta se encuentra en el proceso de convergencia y de irreversibilización que examinaremos en el caso de las redes tecno-económicas. Antes de presentarlo tenemos que pasar por el análisis de la relación elemental que se establece entre dos actores A y B y que llamamos operación de traducción (Callon, 1976, 1980, 1986, 1989; Callon y Law, 1982; Latour, 1984, 1989; Law, 1986a).

2.1. Traducción

A traduce a B : esta expresión significa dos cosas. Ante todo que A da una definición de B . B puede ser humano o no humano, un ser colectivo o individual. Poco importa: la noción de traducción deja abiertas todas las posibilidades, todas las interpretaciones. Considerada en toda su generalidad, no dice nada sobre la categoría de actor o de intermediario de B .

Tampoco dice nada sobre los atributos de B , a quien pueden ser imputados intereses, proyectos, deseos, estrategias, reflejos o segundas intenciones. La elección entre todas estas posibilidades está en manos de A . Esto no significa que el observador dota a A de una libertad total: lo que hace o propone A es el resultado de toda una serie de operaciones de traducción que se entrecruzan y de las cuales algunas toman peso

hasta el punto de preprogramar las traducciones siguientes. El punto es que el observador no ejerce ninguna censura: él recoge las traducciones sin excluir a priori ninguna, sin establecer discriminación entre traducciones que calificaría de fantasiosas o irreales y otras que consideraría como serias o realistas. La regla general es que un actor traduce a varios otros entre los cuales establece relaciones. Si volvemos a la notación precedente diremos que A traduce a B, C, D, E, \dots , los cuales se encuentran de alguna manera interdefinidos por A , puesto que evidentemente, lo que B es depende de sus relaciones con C, D, \dots . Al mismo tiempo que define a B, C, \dots A se autodefine.

Estas definiciones, y esta es la segunda dimensión de la traducción, se inscriben siempre en intermediarios, lo que se sigue directamente de nuestros análisis precedentes. Estos intermediarios pueden ser indiferentemente: conversaciones de mesa, declaraciones públicas, textos, dispositivos técnicos, competencias incorporadas, dinero. Esta definición aleja la traducción de todas las interpretaciones idealizantes o psicologizantes, aunque sin rechazarlas. Hablar de traducción en general no tiene sentido; hay que precisar inmediatamente el soporte, el mate-

rial en el que está inscrita. A traduce a B : A puede ser la empresa que ha concebido una máquina, que la ha producido, distribuido, y B el usuario satisfecho o descontento que ocupa el papel previsto para él, que le "sirve" o la moviliza. De nuevo A traduce a B , y A es el autor que firma un texto científico del que B puede ser el lector pretendido o incluso la enzima cuyos comportamientos son descritos. A continúa traduciendo a B , pero A es el emisor de un préstamo bancario del que B es el beneficiario... La traducción, como se ve, reside en el tríptico $A \dashv \vdash B$.²¹

La traducción es evolutiva. A veces llega a establecer un compromiso que es el fruto de iteraciones, de negociaciones más o menos difíciles, más o menos largas (Akrich, Callon y Latour, 1987); compromiso que ajusta la definición de B por A con la que da A de B y la inscribe en I (textos, máquinas, competencias incorporadas...) el que se convierte en su soporte, el ejecutor más o menos fiel. La trayectoria que opera la traducción —así como hablamos en economía de *trayectoria de la producción*— puede ser más o menos complicada; desde el intermediario aislado, homogéneo, hasta el intermediario híbrido, constituido de una cascada de intermediarios, que interpone entre A y B toda una serie de

²¹ I , el intermediario (puro, híbrido), es lo que hemos llamado en otra parte el operador de la traducción o incluso el dispositivo de interesamiento.

papeles articulados unos con otros, en inteligentes bucles y retroacciones. La traducción coloca en el corazón del análisis la interdefinición de los actores y su inscripción en intermediarios. La traducción se aleja de las definiciones tradicionales de la acción.

2.2. La red

Las definiciones precedentes tienen la ventaja de no establecer ninguna solución de continuidad entre la red y el actor. Dos traducciones que se encadenan siguen siendo una traducción. *A* traduce a *B, C, D*; *B*, a su turno, traduce a *C, E, F, M*; *C* traduce a *E, G, M...*; *D* prosigue y traduce a *C, F, G, Q...* Pero por supuesto no hay ninguna razón para limitarse al punto de vista de *A* y hacer de él el principio de organización de la red. *A* puede ser traducido por *X, Y, Z*, sobre los que no ejerce ninguna acción en respuesta, aceptando sin chistar las definiciones que son dadas de él; pero *A* puede ser retraducido por *F* o *C*, a quienes pretendía traducir. De la agregación-composición de todos estos actores-red puede resultar una red, en general policéntrica, en la que circulan y se rehacen intermediarios que pertenecen a las diferentes categorías distinguidas y que proponen traducciones más o menos compatibles, más o menos contradictorias. Así, detrás de la heterogeneidad de los actores y de sus produccio-

nes se reúnen puestas en texto, descripciones que a veces responden y se vinculan unas con otras. Es aquí donde la conmensurabilidad, si es que existe, debe ser buscada, y no en las capacidades cognitivas de los actores.

Ya sabemos bastante como para lanzarnos a la descripción de estas complicadas dinámicas, de estos entrelazamientos de actores e intermediarios que nos muestran, habladores e indiscretos, las relaciones que proponen y las traducciones que consuman. Dos nociones nos serán útiles para entender esta descripción: la de convergencia y la de irreversibilidad. Ambas caracterizan la traducción y las redes que ésta contribuye a veces a dar forma.

2.2.1. La convergencia

La noción de convergencia está destinada a captar el grado de acuerdo engendrado por una serie de traducciones y por los intermediarios de todo tipo que las operan, al mismo tiempo que permite reparar en los límites de una red tecnológica. Dos dimensiones la definen: el alineamiento y la coordinación.

Para definir el *alineamiento*, partamos de la operación elemental de traducción $A \dashv\dashv I \square B$. El intermediario *I* y las definiciones de *A* y de *B* que él da y actualiza pueden ser más o menos aceptados, más o menos replicadas. Situaciones de controversia, de conflictos

abiertos o de francos rechazos: como dice el aforismo, “traduttore-traditore”, la traducción es a veces denunciada como traición (el obrero no quiere desempeñar el papel que le asigna la máquina, el usuario desprecia la calidad y utilidad del producto o servicio que se le ofrece, el científico desmonta la argumentación propuesta por su colega-autor, el prestatario rechaza las condiciones del contrato, el electrón ya no pasa de un electrodo a otro...; y, de manera simétrica, el inventor reniega de su innovación, el autor exclama: “Si he hablado de memoria del agua no era sino por picar la curiosidad de ustedes, para expresar mi embarazo, y no para establecer un hecho”). El desacuerdo puede ir más o menos lejos, concentrarse sobre *A* o sobre sus intermediarios: para interrumpir una traducción *B* puede replicar a *A* o a *I*, llegar hasta ponerlos en duda o, más prosaicamente, abstenerse. En el otro extremo del continuo se acepta que la traducción se desvanece pura y simplemente, desapareciendo en tanto que puesta en relación construida y compromiso negociado: no queda más que el acuerdo que va de suyo, esa empatía evidente, esa información

perfecta que circula sin trabas, esta *felicidad* de la que habla Austin, donde no pasa nada. Entre los dos se encuentran todas esas situaciones tan bien descritas por la teoría de los juegos en las que *A* se esfuerza por anticipar lo que *B* quiere y piensa, donde cada uno se pone en el lugar de los otros y donde las traducciones llegan a veces a estabilizarse al término de una larga serie de iteraciones y especulaciones. La traducción exitosa crea este espacio común, esta equivalencia, esta conmensurabilidad que hacían falta; ella *aline*a, mientras que si fracasa *A* y *B* regresan a su incomunicabilidad, reconstruyéndose, al *desalinearse*, espacios sin medida común. Lo fundamental para el análisis es que la traducción reposa en los intermediarios y es mantenida por ellos.²²

Cuando la traducción es “perfecta”, lo que dice *A* de *A*, de *I* y de *B*, no es diferente de lo que *B* dice de *A*, de *I* y de *B*, o de lo que *I* dice de *A*, de *I* y de *B*. La equivalencia es total y los discursos se superponen perfectamente: no hay ninguna ambigüedad. Cuanto más se aleja uno del acuerdo más se multiplican las distancias y las incoherencias. *A* no habla de *I* en

²² Se podría mostrar cómo las máquinas, los cuerpos humanos y los textos, considerados en tanto que intermediarios, son a la vez soporte de todos los desgarramientos posibles, de todas las incomprensiones, pero igualmente de todas las (re)conciliaciones (el teléfono crea un espacio común tan integrador como la religión de Durkheim o los hábitos de Bourdieu; las centrales nucleares crean conflictos tan duros como los derechos del hombre).

los términos escogidos por *B*; la definición de *B* dada por *A* no coincide con la que *B* da de sí mismo, etc. En el primer caso hay isotropía; en el otro caso, el espacio creado está atiborrado de dislocaciones. Se pasa así del acuerdo a la polifonía e incluso a la cacofonía.

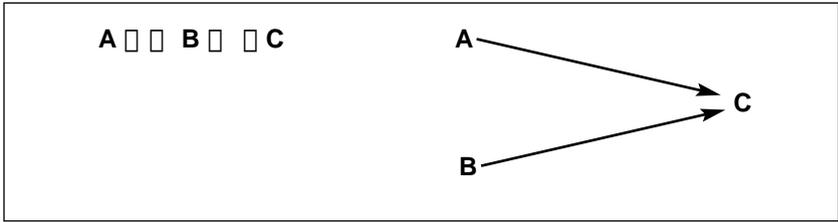
La red comienza a constituirse en el momento en que tres actores *A*, *B*, *C*, se alinean (por intermediarios interpuestos). Dos configuraciones elementales son posibles para este alineamiento (figura 1). La primera corresponde a una situación de complementariedad (que resulta de la transitividad de las relaciones: *A* traduce a *B* que traduce a *C*, luego *A* traduce a *C*), la segunda a una situación de sustituibilidad (*A* traduce a *B* que es igualmente traducido por *C*, el cual da una definición semejante de *B*). El grado de alineamiento depende del grado de éxito de las traducciones (y, en el caso de la sustituibilidad, de su mayor o menor similitud). La propiedad que vale para los tres elementos (*A*, *B*,

C) permite igualmente calificar un haz de relaciones obtenido por composición de traducciones (puesto que un encadenamiento de traducciones es una traducción). La red se construye según la lógica propia de las traducciones: la agregación no es un procedimiento inventado por el observador para simplificar la complejidad de lo real, es el movimiento mismo de la vida social. Es posible apreciar aún cualitativamente en toda red de traducciones, y cualquiera sea su longitud y su complejidad, el grado de alineamiento. Se hablará de alineamiento fuerte (*F*) cuando las traducciones alinean en todo punto a los actores (cualesquiera sean *A* y *X*, o existe una cadena de traducciones tal que *A* traduce a *X*, o existe *C* tal que *A* y *X* traducen a *C* en los mismos términos) será débil (*f*) en el caso opuesto.²³

Toda operación de traducción se acompaña de procesos de atribución al término de los cuales los intermediarios en circulación son imputados a agrupaciones, que se

²³ Habría que mostrar cómo la noción de alineamiento se aplica a los diferentes polos de una red tecno-económica. Este punto será desarrollado en otra publicación. Tomemos el caso del polo del mercado: los usuarios serán alineados según si soliciten todos el mismo producto estandarizado (situación de sustituibilidad), según si las elecciones operadas por cada uno de ellos están mecánicamente ligadas a las elecciones hechas por los otros (situación de complementariedad). En la primera configuración uno encuentra el modelo neoclásico ortodoxo, y en el segundo caso una situación próxima a la descrita por la sociología del consumo o por la economía de las externalidades de red. Agreguemos que para analizar las estructuras de mercado tal como son definidas por los economistas (confrontación de una oferta y una demanda), nos hace falta agregar a la descripción de nuestro polo del mercado la descripción del polo técnico y la del polo *TM*. Así, la variedad de configuraciones es reducida; es fácil mostrar que se vuelven a encontrar las principales estructuras conocidas y que se engendran nuevas.

Figura 1



transforman así en actores. Estas imputaciones dependen del juego de interacciones que están, al menos parcialmente, codificadas en reglas o en convenciones. Estas son a la vez el producto de interacciones pasadas y una regulación posible para las interacciones presentes y futuras. Desde luego, las convenciones pueden ser implícitas o explícitas y son siempre revisables y evolutivas.

¿Cuáles son las categorías de convenciones que se aplican a la traducción $A \rightarrow B$?

El primer conjunto de reglas es el que asegura la identidad de A como actor: ¿Tiene fundamentos A para reivindicar la calidad de actor? ¿Es A verdaderamente un actor? En otros términos: ¿puede serle hecha la imputación de intermediario? Encontramos aquí todo un complejo universo de convenciones, desde el derecho escrito hasta la costumbre, que atraviesan los diferentes polos de las RTE. Demos algunos ejemplos: la definición de la personalidad moral que permite atribuir a una empresa los productos que ella pone en circulación; la legislación sobre propiedad

industrial que puede negar a un inventor el derecho a reivindicar la paternidad de su invención y que es imputada a la firma que lo emplea; la costumbre no escrita que prohíbe a quien financia un programa de investigación firmar los artículos que resultan de él.

El segundo conjunto de reglas se refiere a la atribución de una serie dada de intermediarios a un actor particular. “ A ” puede ser “ A ” pero esto no implica que A le sea atribuido. Esta atribución depende de la habilidad de A ; depende también de un cierto número de convenciones más o menos complicadas y explícitas, más o menos transgredibles. Una firma tiene una personalidad moral, pero sin las marcas comerciales, sin el derecho de propiedad, sin el contrato que impide al revendedor quedarse con el dinero que le entrega el cliente, el proceso de atribución no dejaría de ser recusado (Eymard-Duvernay, 1989). Un científico firma su artículo, pero sin el orden de las firmas, sin la fecha de recepción del artículo por la revista, sin la obligación de citar..., él correría el riesgo de no ser jamás considera-

do como el autor de las traducciones inscritas en el artículo.

A es "A", / le es imputado: de esto resulta que A puede hablar en nombre de B. Pero este derecho puede ser replicado por B o por cualquier otro actor. Es aquí donde interviene un tercer conjunto de regulaciones que codifican el espacio de denuncias posibles para A. Esto es particularmente explícito en la esfera política con los procedimientos legítimos de designación de representantes, pero también en la industria con los compromisos contractuales o las convenciones colectivas que precisan las responsabilidades jerárquicas y las situaciones de trabajo. Tales reglas se vuelven a encontrar en la organización del mercado con la regulación de precios, los procedimientos de elaboración de las tarifas para las empresas en situación de monopolio público, las redes informales de la reputación (Karpik, 1989). Convenciones análogas enmarcan a los actores del

polo científico: la posibilidad para un científico de "traducir" a un primate superior y, con más razón, a un ser humano, a través de los dispositivos experimentales que requieren estas traducciones, no escapa a toda regulación: hay ahí códigos de ética para limitar los experimentos admisibles.

Todas estas convenciones producen el mismo resultado de limitar (de manera más o menos estricta, más o menos negociable) el universo de los actores posibles organizando la atribución y delimitando las traducciones estabilizables.²⁴ Propongo llamar formas de coordinación a estas regulaciones que codifican la traducción (en alguna medida y de manera más o menos durable, más o menos restrictiva, más o menos evolutiva). En las redes tecno-económicas, que incluyen investigadores, firmas, usuarios, tecnólogos, se yuxtaponen evidentemente varias modalidades de coordinación (el mercado, la organización, la con-

²⁴ La puesta en obra de estas reglas, y en cierta medida su elaboración e interpretación, se encarna en agrupaciones particulares a las que Hennion da el nombre de mediadores: puede tratarse de humanos (juristas, notarios, consejos del orden, oficios de propiedad industrial...), de textos o de dispositivos técnicos que compiten para concentrar la atribución sobre ciertos blancos (la organización material de una sala de conciertos que hace converger la mirada y la imputación sobre un cantante a quien son atribuidos, en todo o en parte, los beneficios simbólicos y pecuniarios del show; la presentación material de una revista científica que pone en evidencia el nombre de los autores del artículo...). Si uno imagina un continuo que va del actor al intermediario, los mediadores se sitúan a mitad de camino; no se contentan con "pasar" o "transmitir" sin intervenir, y la atribución no se detiene jamás sobre ellos. El mediador hace reconocer: gracias a él el actor sale de la muchedumbre de los intermediarios que se convierten consecuentemente en sus atributos. Sobre la noción de mediador y su profesionalización, ver Hennion, 1989; Hennion y Méadel, 1986.

fianza, el reconocimiento...). Cada una de ellas puede ser delimitada por un conjunto específico de convenciones que definen los regímenes de traducción²⁵ (derechos de autor, mecanismos de imputación, facultad de hablar en nombre de X...) así como por categorías particulares de intermediarios que sirven de soporte a la traducción. Dado que en este texto no me intereso por el contenido de la coordinación sino por su papel en el establecimiento y la dinámica de las traducciones, distinguiré, cualesquiera sean las modalidades concretas de coordinación, dos situaciones extremas que corresponden a la clasificación propuesta por Thévenot (1985) en su análisis del grado de generalidad de las inversiones de forma. En un extremo encontramos las coordinaciones de alcance general que tienen vocación para aplicarse a todos y a todo sin distinción (siendo, por supuesto, el objeto de convención definir esta generalidad: un ciuda-

dano, un diploma del Estado, un empréstito garantizado, un objeto técnico normalizado, una condición de emisión de un préstamo...); y en el otro las coordinaciones locales que tienen un alcance limitado, es decir que apoyándose sobre convenciones más generales, delimitan, dentro del universo completo de los intermediarios, actores, y de sus relaciones, de subconjuntos específicos (una red o un polo de red) fuera de los cuales estas convenciones pierden su validez.

Esta definición abstracta corresponde a realidades fáciles de identificar. La constitución de un cártel, el establecimiento de una convención colectiva de un sector, la adopción de grillas de calificación, la creación de una norma técnica limitada a algunos productores y usuarios, la elaboración de una denominación controlada, la puesta en pie de un agrupamiento de compradores, la organización de una asociación profesional, de una sociedad científica, el establecimiento

²⁵ La noción de "régimen de traducción" no deja de tener relación con las "naturalezas" de Boltanski y Thévenot. Se podría mostrar que las tres categorías de reglas que he distinguido coinciden en parte con los seis axiomas que definen una *magnitud (grandeur)*. A reserva de una discusión más profunda, me contentaré con subrayar tres diferencias esenciales. Primero, no tengo necesidad de aportar una lista a priori de los diferentes regímenes posibles; segundo, no veo verdaderamente la utilidad de concebir tipos ideales: un régimen de traducción puede ser más o menos coherente, más o menos homogéneo, evolutivo... Tercero, y es consecuencia del punto precedente, la operación de traducción —puesto que es más general que los regímenes mismos— permite explicar cómo regímenes diferentes pueden articularse unos con otros: no tengo necesidad ni de "máquinas" ni de "ruido" para interpretar la constitución de las RTE. Agreguemos que la noción de régimen de traducción permite dar una base teórica sólida a la distinción entre tres polos: cada uno de ellos puede ser identificado por regulaciones que le son propias e, igualmente, por la preeminencia de ciertos intermediarios.

de un agrupamiento de laboratorios científicos, la organización de ciclos de formación limitados a algunas empresas, la edificación de centros colectivos de investigación cuyo acceso está reservado a ciertas empresas: he aquí otros tantos ejemplos de regulaciones de alcance limitado, que corresponden a coordinaciones locales y que suponen con mucha frecuencia la existencia de una regulación más general (leyes antitrust, régimen jurídico de asociaciones...). Esta distinción no debe, evidentemente, ser reificada. Es claro que el grado de generalidad de una regla es siempre relativo y resulta de un proceso de construcción; la convención más general es *en principio* susceptible a devenir local si las réplicas y recusaciones que sufre llegan a invertir la relación de fuerzas que está a su favor (Reynaud, 1989). Así mismo, es siempre posible imaginar la extensión progresiva de coordinaciones locales (la convención de un sector que se impone a toda la economía, una norma privada que deviene pública, condiciones de garantía de un crédito que se generalizan...). Hablaremos de *coordinación débil* para caracterizar una red que no ha añadido reglas y procedimientos "locales" de coordinación a las convenciones generalmente admitidas en un momento dado. La coordinación se llamará *fuerte* en el caso opuesto. Cuando la coordinación es fuerte, el universo de las traducciones está rarificado y las re-

des aumentan en previsibilidad; cuando es débil, este principio de rarificación se relaja y se multiplican las asociaciones y las expansiones.

Llamamos *grado de convergencia* de la red al índice sintético que resulta de los grados de alineamiento y de coordinación. Esta noción reposa sobre la idea simple de que mientras más alineada y coordinada está una red, los actores que la componen más trabajan en una empresa común, sin ser en todo momento discutidos en tanto que actores con una identidad propia. Esto no quiere decir que todo el mundo hace la misma cosa (recordemos que estas redes pueden incluir investigadores, tecnólogos, empresarios, comerciantes y usuarios) sino, más simplemente, que las actividades de cada uno empalman fácilmente unas con otras a pesar de su heterogeneidad.

Para expresarse de otro modo, e hilar una metáfora cuya significación teórica sea justa, podríamos decir que en una red muy convergente, todo actor perteneciente a la red cualquiera sea su posición al interior de ella (investigador, ingeniero, comerciante) puede identificar y movilizar en todo momento todas las competencias de la red sin tener que lanzarse a adaptaciones, traducciones o decodificaciones costosas: el conjunto de la red está detrás de cualquiera de los actores que la componen. El comerciante sabe inmediatamente,

frente a una recriminación de un cliente, a qué ingeniero alertar, cómo formular el problema para que inmediatamente el ingeniero se ponga a trabajar y establezca, si hace falta, una conexión con un investigador en ciencias básicas, al que le pasa el mensaje y que reformula el problema sin necesariamente deformarlo; de regreso del laboratorio vienen, a través de toda una serie de intermediarios y de traducciones sucesivas, las recomendaciones, respuestas, medidas, decisiones que van a permitir al comerciante mantener al cliente dentro de la red. Lo que es verdadero en un sentido es igualmente verdadero en el otro sentido. Aunque permanezca como científico de ciencia básica, un científico que actúa en una red fuertemente convergente sabe muy bien que las direcciones en las que investiga coinciden con una red de esperas y de demandas que están listas a tomar de sus resultados a su salida del laboratorio. El mundo que rodea al investigador ha sido pre-

parado desde tiempo atrás de modo que el lugar de su laboratorio, el papel que desempeña, los problemas sobre los cuales trabaja, están fuertemente ligados a lo que hacen, desean y esperan los otros actores. Una red totalmente convergente, especie de Torre de Babel en la que cada uno hablaría su lengua, que todos los otros comprenderían, y poseyera sus competencias, que todos los otros sabrían cómo movilizar, sería de una formidable eficacia, pues dispondría a la vez de la fuerza de lo colectivo y de la capacidad de síntesis de un individuo: cualquier actor singular estaría en condiciones de hablar en nombre de todos, de movilizar en un momento todas las competencias y todas las alianzas. Una red así, capaz de ser condensada en un lugar mientras se despliega simultáneamente a través de múltiples medios científicos, técnicos, industriales, es una excepción, un caso límite.²⁶ Para completar es necesario considerar toda la gama de eventualidades y

²⁶ El arquetipo de la red tecno-económica, en la que la puesta en relación corre sin interrupción de la ciencia al mercado, es provisto por el bello estudio sobre el equipo Beta de materiales: en un extremo el usuario que expresa una demanda en términos de funciones por cumplir (un material adhesivo, resistente al calor, ligero, capaz de absorber tales presiones mecánicas...), en el otro extremo una investigación fundamental sobre las microestructuras físicas que permiten asegurar a los materiales la combinación particular de propiedades solicitadas; entre los dos, materiales de hechura compuesta, sistemas de producción flexibles que permiten optimizar la producción de diferentes gamas de productos, un esfuerzo de investigación sobre tecnologías genéricas como la soldadura, el pegado, colaboraciones, alianzas, convenios de investigación... Brevemente, una relación casi directa que va de la investigación más fundamental hasta el consumidor, pero que pasa por toda una serie de etapas intermedias que han sido cuidadosamente articuladas una con otras (Cohendet *et al.*, 1987).

considerar otra situación extrema: la de una red muy débilmente convergente donde es difícil para un actor hacerse reconocer como actor y movilizar el resto de la red, pero donde la red existe lo suficiente como para que esta movilización, así sea muy complicada, resulte no obstante posible.

Lo que muestran estos ejemplos es que la construcción de redes convergentes supone largas inversiones e intensos esfuerzos de coordinación.

2.2.2. Fronteras

La frontera de una red puede ser puesta en relación con el grado de convergencia. Diremos que un elemento Y está en el exterior de la red (R) si la toma en consideración de los lazos que lo unen a los actores ($A, B, C...$) de R hace decrecer de manera significativa el grado de convergencia de la red: el alineamiento y la coordinación se ven debilitados por estas nuevas traducciones.²⁷ Al leer estas líneas el lector no habrá dejado de formular la objeción que parece ir de suyo: ¿cómo cuantificar estas evaluaciones? ¿cómo calcular un grado de convergencia, darle un valor numérico sin el que es imposible trazar la frontera, distinguir

entre un exterior y un interior? Esta pregunta reenvía a los métodos concretos que permiten captar y describir las traducciones, es decir de reencontrar en las diferentes categorías de intermediarios las redes que están allí inscritas. Como todo intermediario puede ser puesto en palabras o en textos, queda pues por preguntarse cómo es posible analizar un cuerpo de textos, más o menos redundantes o diferentes, que definen actores, sus identidades y sus relaciones. El algoritmo a utilizar es de una extrema simplicidad aunque suponga un gran trabajo de computación. Diré que la traducción de B por A es tanto más exitosa cuanto más numerosos y mayoritarios son los textos o las puestas en texto en las que las definiciones de A y de B , así como las de la relación que los une, coinciden (siendo idénticos todos los enunciados del tipo $A \rightarrow B$). Como muestra el análisis de palabras asociadas, que es una prefiguración de un logicial como éste, esta computación no está fuera de alcance y pueden ser imaginadas sin mucha dificultad aproximaciones razonables (Callon *et al.*, 1986).

El grado de compatibilidad de los regímenes de traducción, que no es sino una de las dimen-

²⁷ Como puede verse, esta definición es diferente de la que, en los algoritmos clásicos de *clusterización*, traza los límites de los *clusters* en función de un umbral impuesto a la intensidad de las relaciones entre elementos. Lo que es determinante es el grado de convergencia y no la intensidad de esta o aquella relación.

siones de la convergencia, es evidentemente otro elemento importante en el establecimiento de las fronteras. Se pueden imaginar por ejemplo las innumerables disposiciones reglamentarias y jurídicas que permiten a la vez una cierta autonomización de las convenciones del polo científico y su articulación con las del polo tecnológico: plazos contractuales impuestos a las publicaciones resultantes de investigaciones financiadas por una industria, no apropiabilidad de los resultados publicados, patentabilidad de ciertos organismos producidos por ingeniería genética...

La cuestión de las fronteras me lleva a distinguir, en el caso de las RTE, entre redes *largas* y redes *cortas*. Las primeras son aquellas que incluyen el conjunto de polos e intermediarios enumerados anteriormente y que, en particular, se extienden hasta la investigación académica de base: los sectores industriales correspondientes son aquellos que los economistas llaman *science based*. Las redes *cortas* se remontan menos lejos; incluso si se crean relaciones episódicas con investigadores en ciencia básica los lazos no tienen nada de estable y sistemático: la red se organiza esencialmente alrededor de los polos T y M. Esta distinción da cuenta de la longitud de la trayectoria que hay que dar para crear o desarrollar un mercado: en ciertos casos esta trayectoria conduce hasta el corazón de

los laboratorios de base; en otros casos no sobrepasa el universo de la técnica. Sean largas o cortas, las redes tecno-económicas tienen en común la propiedad fundamental de favorecer y organizar las interacciones entre las diferentes actividades que ellas coordinan (Gaffard, 1989).

2.2.3. La irreversibilización

La noción de traducción introduce la de irreversibilidad. A esta última noción se asocian generalmente varias significaciones que es bueno clarificar (Dosi, 1991; Godard, 1991). Diré que la irreversibilidad de una traducción depende: a) de la imposibilidad que ella crea de volver a una situación en la que no constituía sino una opción abierta entre otras; b) de la predeterminación de las traducciones por venir. Una definición como ésta no excluye que se pueda hablar de grado de irreversibilidad: la traducción $A \rightarrow B$ elimina, más o menos definitivamente, una proporción más o menos grande de traducciones en competencia; predetermina más o menos fuertemente las traducciones futuras y, en particular, la identidad de los actores. Así definida, la irreversibilidad de una traducción no es una propiedad que el observador pueda medir de manera independiente. Es una característica relacional que no se actualiza sino en la prueba: la imposibilidad que tienen otras traducciones (pasadas o por venir) de

desarrollarse e imponerse es una lucha, un combate nunca ganado definitivamente y en la que el resultado depende de los actores presentes.

¿Cómo es que una traducción logra resistir los asaltos repetidos y obstinados de traducciones competidoras, terminando por eliminarlas sin que sea posible ninguna vuelta atrás? La respuesta se encuentra en dos palabras: durabilidad y robustez. Estas propiedades, que no se miden sino en la prueba, son ante todo las de los intermediarios, operadores de la traducción. Uno imagina fácilmente todos los gradientes de resistencia; desde la inscripción de la relación que se establece en conversaciones de café hasta la que está fundida en el hormigón de una central nuclear, que asiste a la ronda repetitiva de átomos disciplinados; o la que está garantizada por un reglamento o un decreto. Por otra parte, esta robustez será tanto más grande en la medida en que las identidades de *A* y de *B*, como están inscritas en la traducción, se hagan ellas mismas más resistentes. *A* y *B* son, en efecto, agrupaciones que se sostienen más o menos bien, colectivos híbridos permanentemente amenazados por disensiones y crisis internas: estarán más protegidos contra estas recusaciones o desmembramientos (trátase de una central, un sindicato, un obrero calificado o un investigador...) cuanto más fuertemente aso-

ciados estén sus elementos constitutivos. Hay que ser prudente en la descripción de los mecanismos por los que se imponen unas traducciones y se eliminan traducciones competidoras pues ninguna estrategia es a priori ganadora. Desde un punto de vista general puede decirse que la irreversibilidad crece en la proporción en que se crean efectos de sistema en los cuales cada elemento traducido, cada intermediario, cada traductor, se inscribe en un haz de interrelaciones: modificar un elemento, es decir definirlo de manera diferente, supone comprometerse con un proceso de retraducción generalizada. Arriesguemos la siguiente proposición: cuanto más múltiples y cruzadas son las interrelaciones, más son los elementos asociados numerosos y heterogéneos (no humanos, humanos, convenciones...), más fuerte es la coordinación, y más aumenta la probabilidad de resistencia a las traducciones.

La durabilidad y la robustez de una traducción, cualquiera sea su grado, nada dice sobre la mayor o menor predeterminación de las traducciones por venir. Un texto científico que "traduce" a un anticuerpo monoclonal al presentar sus comportamientos, y que resiste a la crítica más feroz ¿hace necesarias, y en qué medida, determinadas estrategias de investigación, determinados desarrollos industriales? Un microcomputador y sus aplicaciones, que asignan a

sus usuarios papeles precisos y definen, al mismo tiempo que los jerarquizan, los problemas que pueden ser tratados ¿hacen previsibles ciertos comportamientos, ciertas operaciones? Se puede convenir que una traducción será tanto más irreversible cuanto más altamente probables haga a las traducciones que la sustituirán, la prolongarán o la completarán. La noción de aprendizaje es crucial para dar cuenta de una situación como ésta. Ella designa el conjunto de mecanismos por los que, a través de su progresiva adaptación mutua, y los diferentes elementos tomados en una traducción (*A*, *I* y *B*) llegan a ser exclusivamente dependientes los unos de los otros: *B* no puede trabajar sino con la máquina *I*, determinado dispositivo técnico no puede ser maniobrado sino por especialistas que hayan tenido una formación perfectamente codificada, el oficio de *A* lo conduce a poner en circulación a *I*... Las decisiones llegan así a ser más y más dependientes de la historia de las traducciones pasadas.

La creación de efectos de sistema y los procesos de aprendizaje remiten a un mecanismo más fundamental: el de la normalización de comportamientos que acompaña y mide la irreversibilización de la traducción $A \dashv\dashv I \square B$. Este proceso se aplica, como lo nota David (1987), a todas las categorías de agrupaciones que pueden asociar en diversos grados

humanos, no humanos, textos y dinero. Hacer previsibles encadenamientos, limitar las fluctuaciones, alinear actores e intermediarios, rarificar las traducciones y las informaciones que ellas hacen circular: tales son las funciones que cumple la normalización. Esta se opera en una estandarización de diferentes categorías de interfaces: actores/intermediarios; intermediarios/intermediarios; intermediarios/actores. Esta normalización es más o menos condicionante; desde los modelos de referencia hasta las interfaces totalmente compatibles, pasando por la definición de umbrales máximos o mínimos. Si la relación *A-I-B* está normalizada, puede contribuir poderosamente a la producción de efectos de sistema: los elementos que la constituyen no pueden sino reorganizarse con elementos perfectamente identificados, portadores del mismo estándar o de estándares compatibles; cuanto más estrictas (fijas) son las compatibilidades, más se encuentran descalificadas de manera permanente las traducciones alternativas. Por otro lado, el inmenso trabajo de normalización (de los hombres, las máquinas, los textos...) tiene por resultado la producción de previsibilidad (probabilidad casi nula de que *A-B* sea reemplazado por *A-C*). Una red donde todas las interfaces son estandarizadas transforma a todos los actores que la componen en agentes dóciles y

a todos los intermediarios que circulan en estímulos que desencadenan automáticamente ciertos comportamientos; las reglas de coordinación se asimilan entonces a normas obligatorias que crean la desviación al mismo tiempo que la controlan: el pasado compromete el provenir. En una palabra, la irreversibilización, concebida como predeterminación de las traducciones y como retorno imposible a traducciones en competencia, es sinónimo de normalización.

Hablar de normalización o de estandarización es evocar la posibilidad de una cuantificación aunque sea elemental. Imponer normas de interfaz es fijar una codificación que identifica como mínimo una variable pertinente que toma dos valores, 1-0 (es decir, bueno/malo; eso pasa/eso no pasa), pero que puede ir hasta arreglos finos entre variables continuas

múltiples, pasando por la fijación de valores superiores e inferiores para umbrales.²⁸ Cuanto más precisos sean los estándares, cuanto más cuantificados estén (es decir, cuanto más sean objeto los actores e intermediarios de una caracterización precisa, conocida y admitida), si es exitosa la traducción gana más en irreversibilidad. Una red que se irreversibiliza es una red cargada de normas de todo tipo que al mismo tiempo se desliza dentro de una metrología y un sistema de información codificado. La descripción de una red así se matematiza sin muchas dificultades porque el funcionamiento de cada elemento está cuantitativamente ligado, por la norma, al funcionamiento de los diferentes elementos con los que está acoplado. Se sabe por ejemplo asociar un nivel de desempeño de un dispositivo técnico (la velocidad, la

²⁸ No hay ninguna dificultad para proveer ejemplos de esas estandarizaciones que ligan todas las categorías posibles de agrupaciones: a) En el caso de agrupaciones mayoritariamente constituidas de humanos podemos hablar, como Riveline (1983) y Oury (1983), de parámetros de gestión, para indicar la existencia de normas en general cifradas que regulan el comportamiento de algunos agentes y describen sus relaciones: el comerciante debe contactar más de veinte clientes potenciales por mes para mantenerse en la red (definición de un umbral mínimo), el ingeniero de producción no debe tener más de x desperdicios (umbral máximo), el salario (que mide la relativa sujeción de A a B) es proporcional al trabajo producido por el destajista Z ... b) Normas entre no humanos (llamadas técnicas): el subsistema se desconecta si la intensidad de corriente sobrepasa determinado valor (fusible); la conexión no se opera sino cuando los empalmes tienen la misma separación o la tensión es igual al 5%. c) Normas humanos/no humanos: si el indicador está intermitente, el operador debe apoyarse sobre una palanca (que es del tipo: si la tensión sobrepasa determinado límite, entonces es necesario emprender tal acción)... d) Normas que organizan las relaciones entre textos científicos: inscripción del número de la revista en cada página de un artículo, estandarización de las referencias, de los diagramas...

memoria, la potencia de un microprocesador), a una categoría de usuario correspondiente y el precio que está dispuesto a pagar: la traducción se presenta bajo la forma de una tabla de correlaciones entre variables numéricas heterogéneas (si se alcanzan los 10 Mhz entonces se abre el mercado de la micro-edición y se pueden proyectar precios superiores a los 55.000 francos). Estas puestas en correlación pueden referirse a toda o parte de tales redes, y los diferentes elementos que la constituyen. Por ejemplo, la reducción tecnométrica (a la manera de Metcalfe-Saviotti) de un dispositivo técnico a una configuración de parámetros que describen sus principales desempeños ($X_i, X_j...$) y sus principales usos ($Y_i, Y_j...$) y que pueden tomar un conjunto de valores vinculados entre ellos (un intercambiador cuyo número de NUT está comprendido entre x e y puede ser utilizado indiferentemente para el secado del grano o para la recuperación del calor en una cementera), es perfectamente considerable para las RTE (Saviotti y Metcalfe, 1984). Lo mismo sucede con la noción de productividad de las competencias incorporadas y su medición. Se puede decir, por ejemplo, que la evolución de una red la lleva a hacer pasar el desempeño de un dispositivo técnico (la memoria de un microprocesador, la rapidez de una central telefónica) del valor X_1 al valor X_3 , y la cantidad de compe-

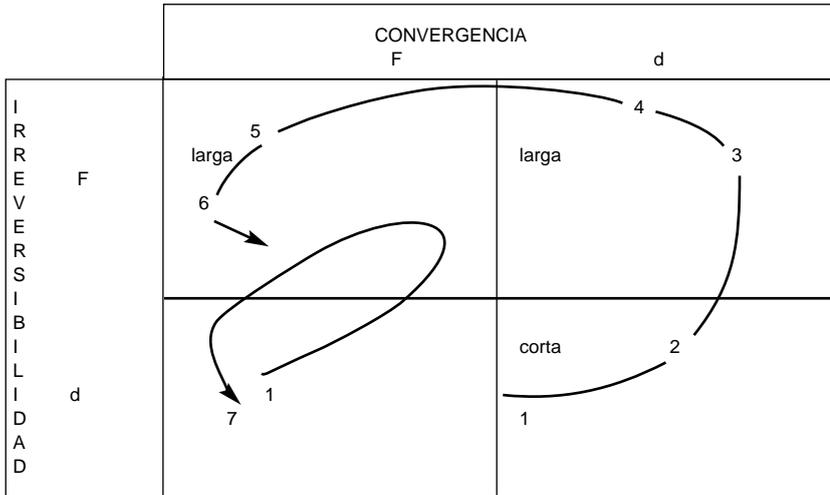
tencias incorporadas de Q_1 a Q_2 . El seguimiento de algunos parámetros, alrededor de los cuales se organizan y cristalizan las traducciones, basta entonces para dar una descripción conveniente de la dinámica de una red (Rabeharisoa, 1990).

Con la irreversibilización de la traducción y la normalización sobre la cual ella desemboca entramos en un universo familiar para los economistas (Akrich, 1989b). De una o varias traducciones que no solamente resisten a traducciones competidoras sino que además restringen la proliferación de las traducciones por venir es posible decir, en efecto, que su recusación es costosa: para establecer otros lazos, enganchar otras traducciones, es necesario ante todo deshacer las que existen, desviar las equivalencias realizadas, es decir, movilizar, enrollar nuevos aliados. La economía no comienza con la asignación de recursos escasos sino con su localización o con lo que se podría llamar su "localización"; esto conduce a hacer de la no linealidad y de la *path dependency* una de las reglas de la dinámica económica.

3. Dinámicas de las redes

Una RTE se acorta o se alarga (para incluir actores del polo científico); se irreversibiliza o se reversibiliza; su convergencia cre-

Figura 2



ce o disminuye. La dinámica *interna* de una red puede ser relacionada con estas tres dimensiones que constituyen ejes de coordenadas que permiten identificar y describir las trayectorias seguidas por una red.²⁹ Un diagrama simple y cuatro cuadrantes bastan para visualizar estas trayectorias cuya dinámica es mucho mejor descrita cuando agregamos información sobre la longitud de la *red* (figura 2).

Cuanto más cuadrantes del diagrama recorre la trayectoria de la red, más frecuentes son los

cambios en su longitud y más profundas sus transformaciones. En efecto, cuando las traducciones varían se modifican a la vez el contenido de los intermediarios, la identidad de los actores implicados y la morfología de sus relaciones. En esta eventualidad, no solamente son fuertemente evolutivos e imprevisibles los dispositivos técnicos, los textos científicos, las competencias incorporadas, los flujos monetarios, sino también la lista de actores y sus identidades.

Cuando la red llega o se mantiene

²⁹ Se podría estar tentado a confundir las dos nociones de convergencia y de irreversibilización. En realidad, ellas no corresponden a los mismos mecanismos. La convergencia describe la construcción de un acuerdo. La irreversibilización corresponde a un acuerdo que se endurece, que excluye la vuelta hacia atrás y hace previsible las traducciones por venir. Si es difícil imaginar la creación de irreversibilidad sin un mínimo de convergencia, es perfectamente posible, por el contrario, que una fuerte convergencia sea al mismo tiempo reversible, transitoria, efímera, volátil. Además, en una red convergente pueden coexistir zonas fuertemente irreversibilizadas con otras que lo son menos. La convergencia es, al menos hasta un cierto punto, necesaria para la fabricación de irreversibilidades pero jamás es suficiente.

en el cuadrante “irreversibilidad fuerte/convergencia elevada”, uno se encuentra en una situación en donde, puesto que las traducciones se entrecruzan y se inscriben en intermediarios estabilizados, todos los actores y los intermediarios a través de los cuales ellos se interdefinen persisten en su identidad. Una convergencia fuerte implica sobre todo una coordinación formalizada, es decir, la existencia de numerosas convenciones y procedimientos locales que crean esa extraña situación en la que los seres humanos y los dispositivos técnicos evolucionan de modo previsible, como si estuvieran conducidos por reglas a las que se adecuan: las nociones de “rutina” o de “heurística” se aplican perfectamente a esta configuración singular (Nelson y Winter, 1977; Van Der Belt y Rip, 1987). Nuestro cuadro de análisis permite seguir las evoluciones que hacen a veces, pero esto, pasar una red del estado de proliferación y de divergencia a un estado de fuerte irreversibilización y estandarización, no es de ninguna manera obligatorio e irremediable. Volvemos a encontrar de este modo, insertos en una interpretación más general, mecanismos puestos en evidencia por tal o cual polo de la red. Si, por ejemplo, una red llega a alinear compradores (polo *M*), definidos por la demanda que ellos expresan por un producto estandarizado, entonces es posible hablar

de una curva de demanda agregada analizable como la de cada uno de los consumidores entre los que la red ha construido equivalencias perfectas. Si una red ha creado una convergencia completa entre investigadores (polo *C*), entonces el paradigma, en el sentido de Kuhn, que de ahí resulta puede ser descrito como “un solo hombre”, como un solo programa de investigación. De igual modo, el ciclo del producto representa en su forma estándar la trayectoria particular de una red en la que el alineamiento entre las firmas, los técnicos y los compradores es tan perfecto que la evolución del conjunto se hace en fase y sin que una sola cabeza se adelante. Con respecto a estos modelos muy deterministas, el análisis en términos de redes tecno-económicas es infinitamente más tolerante. Permite seguir convergencias más heterogéneas, ligando, por ejemplo, actores científicos a actores tecnológicos para componer conjuntos coordinados en los que ciencia y técnica interactúan estrechamente; permite distinguir, al interior de una misma red, entre subconjuntos que tienen grados de convergencia diferentes; en fin, no impone ninguna forma de evolución a priori, pues la convergencia puede aumentar o decrecer. Y lo mismo ocurre con la irreversibilidad.

Todo lo anterior muestra que las trayectorias de las redes no se dejan circunscribir sino raramente

en descripciones tan simples y tan fácilmente cuantificables. La “puesta en números”, caso extremo de la “puesta en palabras”, no es sino una forma de descripción entre otras y su posibilidad depende, evidentemente, del estado de la red. Es vano querer cuantificar a todo precio o tratar de reducir los comportamientos a variables o funciones, así como es ridículo rechazar *a priori* toda cuantificación. La elección del método no obedece a ningún imperativo epistemológico y escapa a toda doctrina: viene enteramente dictada por el estado de la red. Si la red se “estandariza” es necesario contar y hacer matemática (la red puede ser calificada por el crecimiento de sus salidas, trátese de artículos o automóviles, por la mejora en el desempeño de los productos, el volumen de inversiones realizadas...). Si es divergente y reversibilizada, y se mantiene en este cuadrante, toda simplificación excesiva (y en consecuencia toda cuantificación) se arriesga a traicionar el estado de la red y su dinámica; ¡en este caso es sin duda preferible hacer literatura! En efecto, aquí cada actor es relativamente imprevisible porque las traducciones que intenta se deshacen constantemente: el único método que permite dar cuenta de manera fiel e inteligible de lo que pasa es la descripción literaria que multiplica los puntos de vista y compone un relato polifónico, distribuido en tantas voces como ac-

tores y que restituye todos los detalles.

Cuando una red es fuertemente convergente y está fuertemente irreversibilizada llega a ser asimilable a una caja negra cuyo comportamiento puede ser conocido y previsto independientemente de su contenido. Entonces puede ligarse a una o varias redes de actores “exteriores” con las que intercambia intermediarios que atraviesan, en los dos sentidos del término, su borde. Diremos que la red se *puntualiza* en otras redes de cuya dinámica participa (Callon, 1987). Las relaciones entre una red-punto y las redes que la engloban se analizan en términos de traducción: los intermediarios que circulan entre ellas son los operadores. La puntualización puede aplicarse a un sector industrial entero (la industria de los microprocesadores, caja negra que produce determinadas categorías de productos de características bien conocidas y que consumen una u otra categoría de entradas), a una disciplina científica, a un sector tecnológico, a un mercado... Este proceso de puntualización, que pliega una red entera para transformarla en un punto dentro de otra red que se convierte al mismo tiempo en más general, más englobante, es el fundamento de lo que se llama la agregación o el pasaje progresivo de lo micro a lo macro. De este modo se produce la agregación, por el cerramiento

de redes, por la constitución de cajas negras que vienen a yuxtaponerse a otras cajas negras (es decir a otras redes puntualizadas) ligándose a ellas por operaciones de traducción que no son diferentes de las examinadas hasta ahora: también la red-punto puede ser a su turno un actor o un intermediario. De este modo se produce la desagregación, a través de la apertura de cajas negras, que procede a través del redespigüe de redes puntualizadas cuya convergencia e irreversibilidad comienza a decrecer brutalmente (mercados que se deshacen, sectores industriales que se quiebran, especialidades científicas que se desmembran...). La dinámica del conjunto debe pasar por estos pliegues y despliegues: la noción de permanencia es sin duda central para describir las diferentes configuraciones.

Conclusión

Las RTE, como las definimos, no se parecen a las redes habituales. No tienen sino un lejano aire de familia con las redes técnicas estudiadas por los economistas (redes de telecomunicaciones, redes de ferrocarriles, redes de alcantarillado) que se reducen en lo esencial a largas asociaciones de no humanos que vinculan aquí y allá a algunos humanos entre ellos. Tampoco son reducibles a las redes de actores

descritas por los sociólogos que privilegian las interacciones entre humanos, en ausencia de todo soporte material. Las redes tecno-económicas son compuestas, mezclan humanos y no humanos (dispositivos técnicos, electrones, anticuerpos monoclonales...), toda suerte de inscripciones y dinero en todas sus formas. Su dinámica no se comprende sino relacionándola con la operación de traducción que inscribe la interdefinición de los actores en los intermediarios que son puestos en circulación. El conocimiento de estas redes pasa por la "lectura" de estas inscripciones. Además, la operación de traducción está ella misma regulada por convenciones más o menos locales, siempre revisables.

Uno de los intereses del razonamiento en términos de RTE es mostrar que la teoría del actor no tiene ninguna razón de ser universal. El comportamiento de los actores y, más ampliamente su definición, cambian con el estado de la red que es en sí misma la resultante de las acciones pasadas. Debería ser posible, para cada configuración posible de una red (definida según sus tres dimensiones: la longitud, la convergencia y la irreversibilidad) caracterizar los actores y su perfil de acción. Cuanto menos convergente es la red, menos irreversibilizada está, y más los actores que la componen se dejan aprehender a través de nociones como las de estrategias,

objetivos variables y negociados, proyectos revisables, coaliciones móviles. Desde un punto de vista metodológico, el análisis debe en este caso partir de los actores para recomponer sus interacciones fluctuantes: la historia es caliente, la información es escasa, contradictoria, asimétrica, difícil de descifrar, de capitalizar y de tratar, la incertidumbre se encuentra en el corazón de la acción... Por el contrario, en las redes completamente convergentes, irreversibilizadas, los actores se convierten en agentes dotados de objetivos precisos que disponen de instrumentos de medición para establecer jerarquías, calcular costos, rendimientos: la historia es fría, economizada. Los estados del mundo, es decir los estados de la red, son conocidos en cada punto y en cada instante: las informaciones, tal como se nos otorgan por las traducciones inscritas en los intermediarios, son a la vez perfectas (la red es conocida y previsible) y limitadas (no van más allá de la red considerada); son altamente improbables los riesgos morales y la selección adversa (por hablar el lenguaje de los economistas), las controversias y el desinteresamiento (según el repertorio de los sociólogos de la traducción). La paradoja es que en

estas situaciones de información perfecta los actores son incapaces de elegir porque son "actuados" por las redes que los contienen; y no son dotados de facultades de deliberación sino en situaciones de información imperfecta y asimétrica.³⁰ Entre los dos extremos tienen lugar situaciones intermedias como, por ejemplo, la de la racionalidad limitada o procedimental, o las anticipaciones de la teoría de los juegos (Thévenot, 1989). Estas indicaciones merecerían evidentemente ser desarrolladas. Si son fundamentadas abren un espacio completamente nuevo para las ciencias sociales. No existe teoría o modelo, inclusive en plural, del actor. La ontología del actor es de geometría variable y es indisociable de las redes que lo definen y que él contribuye a definir junto a otros. La dimensión histórica se vuelve esencial para el análisis.

Algunos dirán que hemos propuesto un método de descripción de las RTE y no un cuadro teórico que permita explicar su funcionamiento. Esta oposición común entre descripción y explicación es en gran parte contradicha por la senda propuesta: cuanto más aumenta el grado de convergencia y de irreversibilidad de una red, las descripciones, que

³⁰ Dupuy (1989a) desarrolla un argumento parecido que podría ser formulado de manera diferente: la existencia del mercado neoclásico supone en realidad la existencia de alineamientos (sobre todo de usuarios-clientes) que preprograman a los actores y hacen posibles en la práctica los estudios de mercado.

nos dan los intermediarios en circulación, se transforman más en explicación, e inclusive en predicción. Hablar de explicación, lo que supone que uno puede dar cuenta del estado de una red y de su evolución a partir de un pequeño número de variables o de nociones, es hacer una hipótesis muy fuerte sobre la forma de la red y sobre la convergencia de las traducciones. En una red fuertemente convergente e irreversibilizada, los actores son perfectamente identificables, sus comportamientos conocidos y previsibles: el conjunto funciona y evoluciona según regularidades que permiten, a partir de algunas leyes simples y de algunas informaciones juiciosamente seleccionadas, explicar las trayectorias seguidas, el reparto de los recursos, los equilibrios logrados. En una red divergente y reversible la descripción debe atenerse a todos los detalles porque cada detalle cuenta, porque cada actor lucha por traducir a los otros y sus traducciones fluctúan sin llegar a estabilizarse. Quien buscara explicaciones no comprendería nada de estos mecanismos por medio de los cuales se produce la irreversibilidad, así como sería incapaz de decir cualquier cosa con sentido sobre la red y sus transformaciones. Quienes oponen los análisis cualitativos, las monografías, los análisis estratégicos o prospectivos, a la búsqueda de leyes o de regularidades olvi-

dan simplemente que las regularidades no están en los actores sino que son producidas por ellos y que no se estabilizan sino en determinados sitios y por momentos.

Agradecimientos

Este texto es en gran parte el fruto de discusiones que he podido tener con todos mis colegas del CSI y, muy en particular, del diálogo que he mantenido desde hace varios años con Bruno Latour. Quisiera también agradecer por sus preciosos comentarios a L. Boltanski, G. Bowker, D. Fixari, A. Hatchuel, J. Law, C. Riveline, A. Rip, L. Star, y L. Thévenot.

Bibliografía

- Aglietta M. y Orlean, A. (1982), *La violence de la monnaie*. París, Presses universitaires de France.
- Akrich, M. (1988), "Comment décrire les objets techniques", *Technique et Culture* 9.
- (1989a), "La construction d'un système socio-technique. Esquisse pour une anthropologie des techniques", *Antropologie et Société*, nº 12.
- (1989b), "De la position relative des localités; systèmes électriques et réseaux socio-politiques", en *Innovation et ressources locales*, Cahiers du CEE nº 32, París.
- (1991), "Essay in technosociology: A gazogène in Costa Rica", en P.

- Lemonnier, ed., *Technological Choices: Arbitrariness in Technology from Neolithics to High Tech*. London, Routledge.
- Akrich, M. et Boullier, D. (1989), *Représentation de l'utilisateur final et genèse des modes d'emploi*. LA-RESCCETT, Rennes.
- Akrich, M., Callon, M. y Latour, B. (1987), "A quoi tient le succès des innovations", *Gérer et Comprendre* 11 & 12.
- Arthur, B. (1989), "Competing technologies increasing returns and lock-in by historical events", *The Economics Journal*, March.
- Austin, J. L. (1970), *Quand dire c'est faire*, Paris, Le Seuil.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P. y Pinch, T. eds.(1987), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, Ma., MIT Press.
- Bijker, W. y Law, J. eds.(1990), *Constructing Networks and Systems. Case Studies and Concepts in the New Technologies Studies*, Cambridge Ma., MIT Press.
- Boltanski, L. y Thévenot L. (1987), *Les économies de la grandeur*, Paris, CEE-PUF.
- Bourdieu, P. (1980), *Le sens pratique*, Paris, Éd. de Minuit.
- (1982), *Leçon sur la leçon*. Paris, Éd. de Minuit.
- Bowker, G. (1989), *What's in a patent*, CSI.
- Callon, M y Latour, B. (1981), "Unscrewing the Big Leviathan: How Actors macro-structure reality and How Sociologists Help them to do so", en Knorr Cetina, K. D. and Cicourel (eds), *Advances in Social Theory and Methodology: Toward an integration of Micro and Macro-sociologies*, Routledge and Kegan Paul.
- Callon, M. y Law, J. (1982), "On interests and their transformation", en *Social Studies of Science*, No. 12.
- Callon, M. (1986), "Elements pour une sociologie de la traduction: la domestication des coquilles St. Jacques et des marins-pecheurs dans la baie de St. Brieuc", en *L'Anne Sociologique*.
- Callon, M., J. Law y A. Rip (1986), *Mapping the Dynamics of Science and Technology*, Mac Millan.
- Callon, M. (1989), *La science et ses réseaux*, La Découverte, Paris.
- (1980), "Struggles and Negotiation to Define what is problematic and what is not. The Sociologies of Translation", in K.D. Knorr, R.Krohn and R.D. Whitley.
- (1976), "L'operation de traduction comme relation symbolique", en P. Roqueplo, (ed.), *Incidences des rapports sociaux sur le developpement des sciences et des techniques CORDES*.
- (1987), "Society in the making", en W. Bijker and all.
- Callon, M; P. Laredo, V. Rabeharisoa, T. Gonard et T. Leray (1990), "Des outils pour la gestion des programmes technologiques: le cas de l'AFME". en D. Foray ?
- Cambrosio, A. y C. Limoges (1990), "The controversies over the environmental release of genetically engineered organisms: shifting cognitive and institutional boundaries" (enviado para publicación).
- Cohendet P., Ledoui M., Uscovitch E. (1987), *Les matériaux nouveaux: dynamique et stratégie européenne*, Economica.
- Coleman. E. (1988), *The role of notation in mathematics*, Tesis docto-

- ral, University of Adelaide.
- Crozier, M y E. Friedberg (1977), *L'acteur et le système*, Le Seuil, Paris.
- David, P. (1987), "New standards for the economics of standardization", in Dasgupta and Stoneman (eds), *Economic theory and technology policy*, Cambridge University Press.
- Deleuze, G. (1989), *Le pli*, Ed. de Minuit, Paris.
- Dosi, G. (1984), "Technology and conditions of macroeconomic development", en Freeman, C. (ed), *Design innovation and long cycle in economic development*, Frances Printer.
- (1991) en Boyer, R. (ed.), *Figures de l'irréversibilité*, Editions de L'EHESS, Paris.
- Dupuy, J. P. (1989a), "Convention and common knowledge", en *Revue Economique*, No. 2.
- Dupuy, J. P. (1989b), "Introduction", en *Revue Economique*, 40, 2.
- Ellul, J. (1964), *The technological society*, Vintage, New York.
- Eymard-Duvernay (1989), "Conventions de qualité et formes de coordination", en *Revue Economique* No. 2.
- Foray, D. (1989) "Les modes de compétition technologique: une revue de la littérature", en *Revue d'Economie Industrielle*, No. 48.
- Freeman, C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, Frances Pinter.
- Gaffard, J. L. (1989) "Marche et organisation dans les stratégies technologiques des firmes industrielles", *Revue d'Economie Industrielle*, 48.
- Gille, B. (1978), *Histoire des techniques*, Gallimard, Paris.
- Granovetter, M. (1985), "Economic action and social structure: the problem of embeddedness", en *AJS*, 91.3.
- Godard (1991), en Boyer, R. (ed.), *Figures de l'irréversibilité*, Editions de L'EHESS, Paris.
- Hazen, R. (1989), *La course aux supraconducteurs*, Plon.
- Hennion, A. (1990), *Pour une sociologie de la médiation*, CSI.
- Hennion, A. y C. Meadel (1986), *Publics et mesures*, CNRS-CSI.
- Hughes, T. (1983), *Networks of Power: Electrification in Western Society. 1880-1930*, Baltimore, The John Hopkins University Press.
- Karpik, L. (1989), "L'économie de la qualité", *Revue Française de Sociologie*, XXX.
- Katz, M. et C. Shapiro (1985), "Network externalities competition and Compatibility", *American Economic Review*, 75.
- Katz, M. et C. Shapiro (1986), "Technology adoption in the presence of network externalities", en *Journal of Political Economy*, 94, 4.
- Kline, S. and N. Rosenberg (1986), "An overview of innovation". en R. Landau et N. Rosenberg (eds), *The positive sum strategy*, Academy of Engineering Press.
- Knorr, K. D., R. Krohn et R. Whitley (eds.) (1980), *The Social Process of Scientific Investigation. Sociology of the Sciences Yearbook. 4*, Dordrecht, Reidel.
- Latour B. y M. Coutouzis (1986), "Le village solaire de Frangocastello: vers une ethnographie des techniques contemporaines", en *L'Anne Sociologique*.
- Latour, B. (1984), *Microbes: guerre et*

- paix, A.M. Métallié, Paris.
- (1988), "Mixing Humans and Non Human Together: the Sociology of a Door-closer", *Social Problems*, 35.
- (1988), *La vie de laboratoire*, La Découverte, Paris.
- (1989), *La science en action*, La Découverte, Paris.
- (1991), *Aramis ou l'amour de la technique*, en fase de edición.
- Law, J. y M. Callon (1988), "Engineering and Sociology in a Military Aircraft Project: A Network Analysis of Technical Change", en *Social Problems*, 35.
- Law, J. (1986), *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge?*, Routledge, London.
- (1987), "Technology and Heterogeneous Engineering. the Case Of Portuguese Expansion", en Bijker W., T.P. Hughes and T. Pinch (eds.).
- (1986), "On the methods of long distance control: vessels, navigation and the portuguese route to India", en J. Law (1986).
- MacKenzie, D. y J. Waicman (1985), *The social shaping of technology*, Open University Press.
- Mustar, P. (1989), *La creation d'entreprises par des chercheurs: Deux études de case*, CSI.
- Nelson, R. y S. Winter (1977), "In search of a useful theory of innovation", en *Research Policy* 6.
- Oury, J. M. (1983), *Economie Polituque de la vigilance*, Calmann Levy.
- Parsons, T. (1977), *The evolution of societies*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Rabeharisoa, V. (1990), *La construction de réseaux technico-economiques dans le domaine de la regulation thermique*, CSI-AFME.
- Reynaud, J. D. (1989). *Les regles du jeu*, A. Colin.
- Riveline, C. (1983), "Nouvelles approches des processus de decision: les apports de la recherche en gestion", en *Futuribles* 72.
- Saviotti, P. y J.S. Metcalfe (1984), "A theoretical approach to the construction of technological indicators", en *Research Policy* 13.
- Star, S. L. (1988), "Introduction: The Sociology of Science and Technology", en *Social Problems* N° 35.
- Thevenot, L. (1985), "Les investissements de forme" en *Conventions économiques CEE-PUF*.
- (1989), "Equilibre et rationalite dans un univers complexe", en *Revue Economique*, No. 40.
- Touraine, A. (1974), *La production de la Societé*, Le Seuil.
- Van der Belt, H. and A. Rip (1987), "The Nelson-Winter-Dosi model and synthetic dye chemistry" en Bijker *et al.*
- Von Hippel, E. (1988), *The sources of innovation*, Oxford University Press.
- Winner, L. (1977), *Autonomous technology: technics-out-of-Control as a theme in political thought*, MIT Press.
- (1986), *The whale and the reactor*, The University of Chicago Press.

La red de innovaciones en la investigación genómica en los Estados Unidos

*Maria Ester Dal Poz, Sandra de Negraes Brisolla**

Este trabajo analiza la organización de la red de investigación genómica en los EUA y su capacidad de originar innovaciones para los sectores de farmacia, alimentos y agricultura. Esta área de investigación presenta peculiares características de organización debido al conjunto de factores imprescindibles para su desarrollo: alto costo de la investigación, exigencia de integración de recursos humanos calificados en muchas áreas de conocimiento e intenso trabajo científico. El planteo de este problema remite a la necesidad de negociación entre universidades, empresas y gobierno, de modo que, como resultado de innumerables iniciativas entre estas tres instituciones, tanto los institutos de investigación como las empresas industriales son llevadas hacia la introducción de la innovación. Este proceso implica múltiples dinámicas, en las esferas de producción de conocimientos, el mercado y en las fuerzas resultantes de las interacciones entre las dos. El encuadre metodológico que originó el análisis bajo estas tres perspectivas es provisto por los conceptos desarrollados en el modelo de la Triple Hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 1996). El patrón de integración entre los componentes de la red comprende innumerables formas de vinculación y de colaboración institucional. La utilización de mecanismos de aproximación también incluyó el uso compartido de recursos complementarios, tales como bases de datos y laboratorios. Las dinámicas de producción de conocimientos y de mercado son establecidas y coordinadas por instrumentos legales.

Palabras clave: organización de la investigación científica; investigación genómica; producción de conocimiento; cooperación institucional.

La red de innovación en la investigación genómica en los Estados Unidos

Las investigaciones en genómica y la producción de innovaciones biotecnológicas configuran en la actualidad, en los EUA, una red que resolverá algunos problemas implícitos en este tipo de emprendimientos científicos. Este artículo analiza la organización de esta red y la capacidad de este sistema para originar innovaciones tecnológicas para los sectores de farmacia, nutrición, agricultura y ganadería, y de sus interfaces.

Con la finalidad de demostrar que esta red consolida un complejo sistema de innovación, se presentan mapas de la organización de la inves-

* Departamento de Política Científica y Tecnológica /IG /Unicamp.

tigación, en los que están representados instituciones, programas de investigación y educación, organismos gubernamentales –incluyendo agencias de fomento a la CyT, asociaciones de clase y representantes del sector de comercialización de estas tecnologías.

El área de genómica presenta características de organización bastante peculiares debido al conjunto de factores imprescindibles para su desarrollo. Son sus características: a) el alto costo de la investigación, b) exigencia de integración de recursos humanos de alto nivel de capacitación en muchas áreas de conocimiento –tales como genética, biología molecular, bioinformática, física e ingeniería– y c) un enorme volumen de trabajo científico implicado por el secuenciamiento, mapeo y determinación de la funcionalidad génica.

El planteo de este conjunto de problemas remite a la necesidad de negociación entre universidad, empresa y gobierno, de modo que, como resultado de innumerables iniciativas trilaterales, instituciones de investigación e industria son orientadas hacia la introducción de las innovaciones. Este proceso envuelve múltiples dinámicas en las esferas de la producción de conocimientos, del mercado y en las fuerzas reflejas resultantes de las dos. Esta última representa la dimensión de dirigibilidad política y su capacidad de mantener deliberadamente las dos primeras en movimiento.

El encuadre metodológico que originó el análisis desde estas tres perspectivas proporciona dos conceptos desarrollados en el modelo de la Triple Hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 1996) que contemplan las dinámicas relativas a los intereses de los tres componentes involucrados en la transformación del conocimiento en capital. La industria apunta al mercado, la universidad apunta a la producción de conocimientos y el gobierno debe mantener una estructura de dirigibilidad sobre las dinámicas de los dos primeros.

Para la economía evolucionista, la innovación, como traducción del conocimiento en actividad productiva, configura una estructura tecnoeconómica, estando sus focos de análisis en la evolución conjunta de mercados y tecnologías, y en la selección de las empresas que internalizan innovaciones en los ambientes de mercado. Para los estudios sociológicos de la ciencia, la innovación se genera en instituciones que presentan diferenciaciones funcionales muy importantes, y el foco de análisis de los procesos de aproximación entre academia e industria está en la dinámica de sus relaciones institucionales. También desde la perspectiva evolucionista, estas tradicionales disposiciones son tomadas por los formuladores del modelo de la Triple Hélice como punto de partida para considerar que el gobierno tiene el papel de gerenciar la aproximación entre instituciones

académicas y de I+D industrial. De acuerdo con la perspectiva histórica de que el desempeño de actividades humanas en instituciones autónomas (más fuertemente conectadas por mecanismos de interacción) es capaz de rediseñar las estructuras institucionales, corresponde al gobierno establecer mecanismos de interacción que mantengan los movimientos entre las “hélices” de la producción innovativa. El gobierno representa una tercera hélice, compleja y potencialmente inestable, pasible de establecer movimientos tan caóticos como las dos primeras. De este modo es posible contemplar el proceso innovativo por el análisis de la espiral descripta por la resultante de las fuerzas entre estas tres esferas.

La complejidad de la estructura de la red de biotecnologías, que involucra producción de conocimientos, sus nexos con el mercado, y su estructura de dirigibilidad, convierte al modelo de la triple hélice en el instrumento más adecuado para su análisis.

La perspectiva de producción de conocimientos involucra aspectos de educación y capacitación de recursos humanos y programas de investigación interdisciplinaria. La implementación de estos programas y de las agendas de investigación está articulada con las dinámicas de mercado: de alguna manera, los sectores de investigación pública y de I+D industrial son socios en la capacitación progresiva de la reserva de capital humano y en la producción de conocimiento científico y tecnológico. Con el objeto de minimizar los factores limitantes de la producción de conocimientos en este área, el sector público y el privado se encargan de poner a disposición un enorme conjunto de programas integrados que producen conocimiento técnico-científico e institucional, de modo tal que muchas veces un actor del sector público se comporta como un actor de mercado. Aun cuando el gobierno sea el mayor financiador de estas actividades, principalmente las referidas a la investigación básica, la organización en red permite una amplia utilización productiva de estos programas, tanto en términos de capacitación humana, como en lo referente a la producción de nuevos productos y procesos en biotecnología. Los vínculos entre agenda de educación e investigación, y el mercado, resulta en una interacción cooperativa entre universidades, institutos de investigación y sectores industriales, la aproximación entre intereses académicos y económicos; las formas de colaboración entre ellas hacen emerger un nuevo patrón de comportamiento científico en el cual el investigador busca, además de prestigio académico, capitalizar el conocimiento.

Los nexos de la producción de conocimientos con las dinámicas de mercado están representados por los mecanismos de transferencia de tecnología (TT), acuerdos cooperativos, contratación de investigación, pago de licencias. Desde la segunda perspectiva, el número e importancia tec-

nológica de las patentes obtenidas como resultado de la aplicación de estos mecanismos demuestra que la capacitación y la investigación cooperativa de las áreas pública y privada contribuyen a la coevolución de mercados y tecnologías (Nelson, 1994). Por medio de la ejecución de I+D, de la contratación y realización de investigación científica, y del desarrollo de nuevos productos, la industria es capaz de inferir cuáles conocimientos y qué nivel de ciencia son necesarios para la resolución de sus problemas tecnológicos (Mowery y Rosemberg, 1989).

El análisis de la red demostrará en qué forma las empresas realizan I+D *in house* y contratan investigación, estableciendo casi veinte tipos de vínculos con los centros públicos de producción científica. El acercamiento tiene lugar por medio de diversas estrategias capaces de vincular local, regional y nacionalmente el sistema de bioinnovaciones. Este proceso está en interacción profunda con los sistemas de capacitación de los investigadores, produciendo conocimiento técnico-científico que se presenta incorporado en las esferas pública y privada de las universidades, institutos de investigación y en las empresas, una vez que los actores involucrados desempeñan un rol en ambas en la medida que desarrollan investigaciones en colaboración. Es evidente que los vínculos interinstitucionales no son simplemente formales, sino puestos en acto en la ejecución de programas de investigación. Por esto, la segunda perspectiva está íntimamente ligada a la primera, sin que exista, sin embargo, una relación causal única y unidireccional entre ellas. Los agentes participan de sistemas de aprendizaje científico que incluyen proyectos con múltiples metas, muchas de las cuales sólo podrían ser alcanzadas en el caso de existir utilización de técnicas empresariales. Los proyectos envuelven ensayos preliminares de productos biotecnológicos realizados por los usuarios, incluidos en las redes por medio de asociaciones de usuarios (consumidores), como por ejemplo, de portadores de deficiencias genéticas. Las diversas ramas de las fases de ejecución y ensayo de productos de investigación, como los ensayos clínicos de nuevos fármacos o nuevos productos agropecuarios transgénicos, son procesados de forma articulada en la empresa y en la institución pública de investigación. Existe una mezcla funcional discriminada y no casual entre actores que, por su participación, se comportan como agentes de transferencia de su aprendizaje y de las biotecnologías generadas en la red. Las relaciones usuario-productor constituyen un importante aspecto de la consolidación de la red: tanto en las decisiones sobre qué investigaciones realizar, en la participación de ensayos clínicos o tests de utilización de nuevos productos agropecuarios, en la participación de asociaciones de clase, de asociaciones de portadores de deficiencias hereditarias o de enfermedades transmi-

bles se incorpora el papel de actores participantes de la red. Así, se puede llegar a la conclusión de que las dinámicas de mercado, las de producción de conocimiento y las representaciones sociales se encuentran integradas en una trama de relaciones que favorece el proceso de aprendizaje técnico-científico e institucional y genera efectivas formas de internalización de biotecnologías.

La capacidad de la red para relacionarse es el principal condicionante de su existencia y refleja las interacciones entre las dinámicas innovativas y las de mercado. Esta capacidad puede ser el resultado del establecimiento de vínculos de integración entre componentes de la red, que los dota de una estructura de dirigibilidad en términos de política de CyT. La perspectiva de la dirigibilidad se presenta en la proyección de las acciones gubernamentales que puedan motivar estos modos de relación. En estas redes tales acciones son representadas por programas que promueven investigación en colaboración interinstitucional, consultorías, contratos de riesgo, licenciamiento de propiedad intelectual a bajo costo, contratos de investigación de costos compartidos, entre otros. El resultado de ello son intensas relaciones universidad-empresa-gobierno por medio de la cooperación para la investigación, ancladas, relevadas y avaladas por legislación específica para programas mixtos de educación, investigación y desarrollo de biotecnologías. En su rol de herramientas políticas formuladas para apoyar formalmente el mantenimiento y la creación de vínculos entre las esferas pública y privada, cubren una serie de cuestiones implícitas de la producción cooperativa de biotecnologías: involucran contratos de riesgo, contratación de investigación por la empresa junto a la universidad, creación y utilización de instrumental de investigación y establecimiento común de las cuestiones legales de apropiabilidad de los resultados de las investigaciones. La formulación de estos instrumentos suscita polémicas de índole ética, de propiedad intelectual y de derechos económicos que están siendo activamente debatidos. A pesar de ello, una enorme cantidad y variedad de los mismos están siendo aplicados y sirven de vínculos formales entre instituciones, lo que representa la capacidad de definición de la red. Es ello lo que se muestra en el análisis que figura a continuación.

Redes de innovación en genómica: investigación de vegetales

La investigación en *genomics* presenta peculiares características como actividad científica. Los resultados de una investigación pueden casi siempre favorecer el aumento de velocidad en la obtención de resultados de

otra. Cuando, por ejemplo, se logra mapear, secuenciar y determinar la función de un gen de un parásito, los resultados de la investigación contribuyen a la localización del mismo gen en el huésped de este parásito. Esto es así porque la relación parásito-huésped depende de esta complementariedad génica, resultante de la evolución entre ambos. Lo mismo es válido para otros innumerables casos. Así, a partir del depósito de ciertos resultados en bancos genéticos, la comunidad de investigadores tiene mayores facilidades para proseguir con nuevas investigaciones. El desarrollo de herramientas de investigación sirve a un gran número de nuevas investigaciones potenciales. Es el caso de los programas de bioinformática, *chips* marcadores de la localización de genes o moléculas-vectores.¹ El BAC –*bacterial artificial chromosome*– es un ejemplo de vector de trechos de ADN ampliamente utilizado. Así, la investigación sobre vegetales resulta en un mayor número de componentes auxiliares en la comprensión de investigación sobre microorganismos o sobre genes humanos. Diferentes proyectos o programas se benefician del aumento de oferta de capital humano, una vez que el manejo de procedimientos es bastante común.

La complementariedad y eficacia múltiple de estos procesos permite decir que la genómica puede ser considerada como *big science*, aun cuando cada institución o proyecto tengan objetos de investigación particulares. Como consecuencia, la organización de la investigación presenta un patrón común a sus varias ramas.

La red de los Estados Unidos presenta tres grandes ramas interdependientes. El conjunto de programas del Human Genome Project (HGP) –Proyecto Genoma Humano, que es el más extenso, complejo, intrincado y el que recibe el mayor volumen de menciones públicas de los tres, cuyo secuenciamiento acaba de entrar en la etapa final (FSP de 07/04/2000, pp. 1-13)– y del sector de investigaciones en ciencias biomédicas. En el grupo de las investigaciones sobre microorganismos y virus se encuentran los esfuerzos en hallar las bases genéticas de los efectos patogénicos de ciertos organismos, y las formas de interacción ambiental de estos seres. En el tercer grupo están las investigaciones sobre vegetales, que apuntan a producir nuevos cultivos, a comprender y evitar acciones adversas originarias del ambiente o de los parásitos. Las tres ramas son apenas el resultado de una división analítica porque, en verdad, las semejanzas y diferencias entre los genomas de los organismos vivos reflejan su evolución común, y las investigaciones sobre ellos están naturalmente interconectadas.

¹ Secuencias génicas capaces de transportar un gen de un organismo a otro, produciendo los “transgénicos”.

El estudio que llevó a la presentación de este artículo incluyó la formulación y el análisis de mapas de las tres ramas citadas, lo que constituye evidencia empírica sobre la estructura organizacional común de la investigación en genómica. En razón del espacio que puede ser asignado a un artículo como el presente, solamente consideraremos la rama correspondiente a la investigación en vegetales.

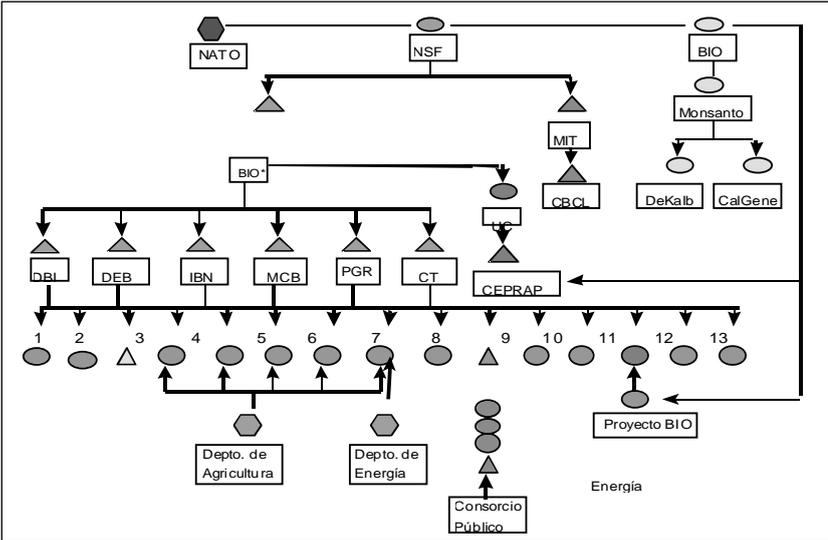
Los mapas fueron contruidos según una tipología que intenta reunir, bajo el menor número de criterios, la gran variedad de instituciones y programas encontrados. Teniendo en cuenta la dificultad de representación de los enormes e intrincados sistemas en red, y todas las formas de interacción entre universidad, empresa y gobierno, se presenta una mención por tipo de componente. Finalmente, los mapas son discutidos según las tres perspectivas dadas por el modelo de la Triple Hélice: de las dinámicas innovativas y de producción de conocimientos, de mercado y de dirigibilidad política.

Leyenda Mapa de Red de investigación en genómica de vegetales en EUA

	Agencias Federales de Ciencia y Tecnología		Universidades Públicas
	Grandes Programas Nacionales de Investigación en genómica		Institutos Públicos de Investigación
	Programas Públicos de Investigación y Capacitación		Red Mixta de Instituciones : Universidad - Empresa - Gobierno
	Redes Públicas de Investigación y Capacitación		Programas Mixtos de Investigaciones y Capacitación entre Universidad - Empresa - Gobierno
	Empresas Privadas de Biotecnología		Instituciones Federales - Departamentos relacionados con el Congreso Nacional
	Programas Privados de investigación, Educación y Calificación en genómica		Organizaciones Internacionales

Los vínculos entre instituciones se presentan como líneas con flechas, a partir de organismos y representaciones más amplias, en dirección a programas o instituciones. Aceptando que el proceso innovativo no es lineal ni monocausal, pero sí difuso y multilineal, las flechas podrían presentar puntas dobles, indicando que la innovación emerge de la interacción entre los diversos *loci* y los procesos de producción de conocimientos y de bienes. Pero las redes no son sólo cadenas innovativas, porque representan las dinámicas de mercado y existe una estructura de dirigibilidad política.

Red de Investigación Básica y Capacitación en Genómica de Vegetales en los Estados Unidos. Recursos provenientes de NSF



Fuentes: site www.nsf.gov/bio/dbi_pgr.htm, y site www.ceprap.ucdavis.edu y links.

tica implícita. Por esto, a pesar de considerarse el proceso innovativo como aquél definido en el modelo *chain linked* (OCDE, 1992), las flechas sólo definen las relaciones más próximas entre componentes institucionales de la red. El carácter variado y las múltiples formas a través de las cuales estos vínculos se materializan no permiten que las líneas estén diferenciadas. Sería necesario que se establecieran más de treinta tipos de vínculos y eslabones diferenciados que ilustrasen cada uno de los diferentes instrumentos de investigación colaborativa, instrumentos de transferencia de tecnología (TT), programas de calificación y capacitación de investigadores, sistemas de gerenciamiento de política científica y tecnológica, vínculos económico-financieros, tipos de recursos financieros compartimentados y dirigidos para las instituciones involucradas, tipos de instrumentos de comunicación y recolección de información. Por este motivo, los vínculos serán discutidos en forma particular y específica cada vez que sea necesario.

No se tiene la pretensión de representar un mapa exacto del sistema analizado. Claro que, desde las hipótesis de la economía evolucionista, y del modelo de la Triple Hélice, el conjunto de empresas e instituciones representadas debe sufrir alteraciones continuas a medida que el proceso innovativo transcurre en el tiempo. Estas representaciones son utilizadas

Legenda de la red de Genómica de Plantas y recursos provenientes de NSF

NATO: North Atlantic Treaty Organisation
NSF: National Science Foundation
CBL: Center for Biological and Computational Learning
BIO: Biotechnological Industry Organisation
BIO*: Directorate for Biological Sciences. DBI - Division of Biological Infrastructure
DEB: Division of Environmental Biology
IBN: Integrative Biology and Neuroscience
MCB: Molecular and Cellular Biosciences
PGR: Plant Genoma Research Program. 14 programas públicos y uno privado (TIGR)

1. The Schnable Lab - Iowa State University: genética de tejidos vegetales.
2. The Plant Genoma Initiative at The State University of New Jersey: comparación genomas de sorgo, maíz y arroz.
3. TIGR: The Institute for Genomic Research: red virtual de investigación e información; laboratorio de invest. en virus, eubacterias, bacterias patógenas y eucariotas (inclusive genoma humano).
4. Clemson University Genomic Institute - Internacional Institute for Agriculture and Environment Genomics
5. Solgenes - Genome databases for the Solanaceae: genoma de papa.
6. ISU Maize Genome Project - Iowa University: comparación de variedades de maíz.
7. Wild-wild EST: expressed sequences tags de trigo
8. The Plant Genome Initiative, University of New Jersey-Rutgers: comparación de genomas de sorgo, maíz y arroz.
9. University of Wisconsin: sistema on-line de metodologías de mapeado de genes.
10. Stress Function Genomics Consortia: Universidades de Arizona, Oklahoma y Purdue en colaboración con Oak Ridge Inst.
11. University of Missouri: mapeado y presentación genes de maíz; red virtual de información sobre genoma de maíz.
12. Medicago trunculata as the Nodal Species Form Comparative and Funcional Legume Genomics: marcadores genéticos y genoma de plantas de la familia Leguminosae.
13. ZmDB Maize Genome Database - Iowa University: genoma de maíz.
14. SynTom-The Arabidopsis - Tomato Synteny Database-Cornell University: desarrollo nuevos métodos de búsqueda de genes, determinación homología genética en vegetales, investigación s/ función de microsatélites en cromosomas.
15. Plant Biotechnology and Genome Center - Northern Illinois University: genoma de soja, integración de mapas genéticos y mapas físicos.
16. The Baker Lab: site no permite identificación, sólo que está situado en la Universidad de Berkeley, California.

CT: Cluster for Training; IGERT: Integrative Graduated Education and Research Training; REU: Research Experiences for Undergraduated; CRUI: Collaborative Research at Undergraduated Institutions; PRF: Post-doctoral Research Fellowships; PRFBI: Post-doctoral Research Fellowships in Biological Informatics; PRFMB: Post-doctoral Research Fellowships in Microbial Biology; PRF-BRE: Post-doctoral Research Fellowships in Biosciences Related to the University of California (UC); CEPRAP: Center of Engineering Plants Against Pathogens; BIO project: programa de educación de la Universidad de Iowa con BIO - industrias de biotecnología; Monsanto: DeKalb Genetics y Calgene Inc.

como material para demostrar que las dinámicas de producción de bienes y conocimientos pueden ser evaluadas a través del conjunto de los movimientos de las tres hélices. Se dio prioridad a la ejecución de mapas de los programas de investigación mayores y más importantes que implica-

ban la vinculación a sistemas de capacitación de investigadores y transferencia de biotecnologías. El criterio básico de preparación de cada mapa es la agencia pública de financiamiento a la investigación, en este caso la National Science Foundation (NSF).

Dinámicas innovativas y producción de conocimientos

La red de genómica de vegetales aquí analizada circunscribe las investigaciones derivadas de las actividades de fomento de la NSF. Los recursos internacionales provienen de la OTAN y los recursos privados de la *Bio-technological Industry Organization* (BIO). El principal programa de educación es el *Directorate for Biological Sciences* (BIO), que dirige recursos públicos del orden de US\$ 418 millones (año fiscal 1998), a través de más de 2 mil 900 becas de estudio individuales de la NSF. Son proyectos de investigación básica que procuran comprender los principios y mecanismos que gobiernan la vida, realizar investigaciones sobre la estructura de biomoléculas y de sus funciones celulares y orgánicas; y estudios de las relaciones ecológicas entre los organismos, y de ellos con el medio físico donde viven. Este tipo de investigación conduce al aprendizaje de todas las técnicas básicas de biología molecular para genómica.

Varios subprogramas se integran en BIO. El DBI es un programa de actividades de investigación contemporánea en biociencias que ensaya y desarrolla nuevas actividades de instrumentación en biología molecular. La DEB incluye proyectos de comprensión de las relaciones entre genes, proteínas y las interacciones ambientales proporcionadas por los individuos y las poblaciones que los comprenden. Así se capacitan no sólo investigadores de técnicas en biología molecular y *genomics*, sino también el personal capaz de realizar evaluaciones agronómicas referentes a relaciones ecológicas más precisas. Las relaciones huésped-parásito pueden ser verdaderamente reconocidas por medio de este tipo de investigación integrada. Para que se pueda integrar aún más los tipos de capacitación, los IBN focalizan investigaciones en las relaciones huésped-parásito, de manera de comprender las semejanzas estructurales entre proteínas esenciales para el mantenimiento de patologías microbianas. Finalmente, todos los aspectos evolutivos de los vegetales estudiados son cubiertos cuando las actividades de investigación sobre relaciones subcelulares e intercelulares se realizan por el MCB. Todos estos son planes de mediano plazo, a ser reevaluados cada dos años. El *Plant Genome Research* (PGR) es parte de un plan coordinado por la *Office of Science and Technology Policy* (OSTP) del Ministerio de Agricultura y busca producir investigacio-

nes cuyos objetivos deben dar una mayor comprensión sobre los fenómenos integrados de genética, agricultura, medio ambiente, energía y salud. Este programa de colaboración a nivel nacional² integra metas diversas, al respecto de los fenómenos biológicos relativos a las plantas y busca adquirir conocimientos sobre plantas de importancia económica y producir innovaciones comerciales en la agricultura. Según un documento de la NSF sobre el PGR,³ este programa es parte de una iniciativa de investigación a largo plazo que conduce hacia la comprensión de la estructura, organización y función del genoma de plantas de importancia comercial. Busca sustentar investigaciones y proyectos de infraestructura de conocimientos sobre genoma vegetal para el *design* de nuevas plantas de importancia económica y de procesos celulares de organismos pluricelulares.

El conjunto de subprogramas de capacitación de estudiantes de enseñanza media, el REU, investigaciones con instituciones de nivel medio, el CRU, IGERT abarca grupos multidisciplinarios de educación en genética, y por lo menos un área de soporte adicional tal como informática o biología molecular y los PDocRF, que subsidia proyectos institucionales de dos años y que buscan aumentar la capacidad de investigación y entrenamiento en estudios avanzados de biología genética y evolutiva en nivel de postdoctorado. A ellos se vinculan otros programas de bioinformática en nivel de posdoctorado *Fellowships in Biological Informatics*, en biología de microorganismos, *Fellowships in Microbial Biology*, en interacciones de los organismos con su medio, *Fellowships Related to the Environment* y en evolución molecular. El conjunto de programas atiende a más de 2000 investigadores y cubre toda la gama de investigaciones capaces de producir innovaciones de productos y procesos para las industrias de semillas, insumos y tecnología de plantío y de ensayos precompetitivos. Si tomamos en cuenta que estos programas están vinculados a los de capacitación de investigadores, el grupo de trabajo (fuerza de choque) en ciencia y tecnología no deja descubierta ningún área relativa a la producción de innovaciones en agricultura.

La presencia de la OTAN y del Departamento de Energía de los EUA en esta red revela intereses estratégicos de la investigación, la dimensión de largo plazo de las políticas de CyT y el carácter prospectivo de esta área de investigaciones.

Las inversiones en calidad y cantidad de personal científico en investigaciones de biología molecular, ingeniería, física y genética de mapeado y

² Site www.nsf.gov/pubs/awards/genome99.htm.

³ Site www.nsf.gov/bio/dbi/dbi_pgr.htm.

determinación de funcionalidad génica y bioinformática son imprescindibles para las investigaciones sobre relaciones entre huéspedes y parásitos, entre organismos y su ambiente, entre organismos y los factores abióticos de nutrición. Todos son factores capaces de provocar aumento en la productividad agrícola, y a despecho de que estas investigaciones sean trabajos científicos, representen un alto costo y sean dependientes de profesionales de alto nivel, se realizan importantes inversiones en los procesos que reúnen investigación y aprendizaje. El apoyo a las actividades de educación e investigación en ciencias biológicas de plantas es provisto también por medio del desarrollo de programas académicos, donde investigadores y profesores participan de simposios, *workshops*, desarrollo de grupos de estudio de educación en *genomics*, educación integrada a nivel de graduación y enseñanza media, y estudios de doctorado y postdoctorado.⁴

En términos de la estructura y del flujo de los sistemas de capacitación y aprendizaje técnico-científico, podemos constatar que presentan una importante articulación con las dinámicas de producción, de innovación y de mercado, es decir, con las empresas del sector de la agricultura biotecnológica.

Dinámicas de mercado

Las dinámicas de mercado y de producción de conocimientos presentan características bastante evidentes de interdependencia. Los proyectos públicos representan, en mayor medida, la investigación del mapeo y la determinación de funciones génicas.

Es el caso de todos los programas que aparecen en el mapa con números 1 al 15, de los cuales sólo uno no es público. El BIO, de la NSF, mantiene una rama de desarrollo de mapas de ADN de plantas y cada uno de ellos es portador de subprogramas de capacitación y de investigación básica. Ubicado en las dependencias de la Universidad de California en Davis, se articula con el CEPRAP (*Center for Engineering Plants Against Pathogens*) que realiza investigación sobre resistencia a patógenos y parásitos, comparación de genes de resistencia vegetal a sus enemigos naturales y educación para innovación tecnológica con recursos públicos y privados. En Berkeley, la misma universidad mantiene un centro de investigaciones públicas para el desarrollo de la biología de plantas. La elegibilidad para obtener recursos federales para los referidos programas pasa por sistemas de premios para los que las universidades públicas tienen

⁴ Site www.nsf.gov/bio/about.htm y links.

preferencia, pero pueden favorecer y originar también grupos mixtos como el CEPRAP. El único laboratorio privado donde se realizan investigaciones de biología molecular de vegetales –como DNAC,⁵ nuevos métodos de extracción de ADN y ARN, construcción de plásmidos⁶ para el desarrollo de modelos de sistemas de expresión genética, biblioteca de ADN, preparación de protocolos de procedimientos técnicos– es el de CalGene Incorporation, cuyo capital en un 49,9 % pertenece a Monsanto. CalGene también tiene sede en la ciudad de Davis y es socia del CEPRAP. A partir de las investigaciones de mapeo genómico y de determinación de funcionalidad es que Monsanto puede llegar a las tecnologías del NewLeaf –papa modificada genéticamente contra el abejorro-taladro, de Bollgard, tecnología de implantación de un gen contra la oruga del tabaco y del algodón–, del Yield Gard –variedad de maíz con gen contra insectos-taladro– y el Round-up Ready, el gen de tolerancia al herbicida Round-up, de la propia Monsanto, que es el más vendido en el mundo para soja, maíz, algodón y canola.

Monsanto posee un gran laboratorio en Saint Louis, en Missouri, que emplea casi mil investigadores. En este laboratorio no se realizan investigaciones de mapeo y determinación génicas;⁷ sólo se desarrollan tecnologías de aplicación de un gen en una planta, originando innovación del producto. Los mapas y las funciones de los genes utilizados en la creación de nuevos productos provienen de la investigación pública. Los genes de interés comercial de un organismo son “recortados” e introducidos en nuevos cultivos por medio de BAC's. Los casi mil investigadores del laboratorio de Saint Louis, capacitados para trabajar en ingeniería genética, son drenados del sistema de investigación básica en genética de plantas, representado por BIO de la NSF, CEPRAP y BIO Project de la Universidad de Iowa. Saint Louis es también la ciudad-sede de la Incyte Pharmaceuticals, asociada de la SmithKline Corporation, segunda mayor propietaria de patentes biotecnológicas de genes, con 356 patentes, apenas 22 menos que el propio gobierno de los EUA. Su presidente, Dr. Randall Scott, trabajó como investigador en la Universidad de Kansas y fue entrenado por BIO hasta que obtuvo su PhD.

Los dos últimos casos son ejemplos en los que la industria de biotecnología participa de proyectos de capacitación científica en los niveles regional y nacional, con la finalidad de obtener capital humano especializado. Las agendas de investigación de las universidades de los estados

⁵ *Complementary DNA* es una hélice de ADN sintetizada a partir de un ARN mensajero y utilizada como prueba de localización de genes en mapas físicos.

⁶ ADN bacteriano circular independiente del genoma bacteriano; es capaz de integrarse al genoma de un huésped, y por esto puede ser utilizado como vector.

⁷ Site www.monsanto.com.

de gran tradición agrícola –Iowa, New Jersey, Illinois, Arizona, Wisconsin, Kansas y Oklahoma – son el resultado de políticas federales de los departamentos de Agricultura, con cinco proyectos en universidades públicas, y del Departamento de Energía, con un proyecto de genómica comparativa.

El acceso de los investigadores de la red a los bancos de datos genéticos *on line* pone al acceso público la mayoría de las informaciones científicas capaces de originar tecnologías. Otros diversos sistemas de metodologías de mapeo de genes son colocados a disposición de la comunidad de investigadores de la red pública o privada. El acceso a las informaciones se facilita porque los artículos científicos sólo son aceptados para la publicación si las secuencias o mapas genéticos ya están depositados en bancos de genes (programas cooperativos financiados por el sector público y por el sector privado, como es el caso del GenBank).

La red sobre el genoma del maíz ejemplifica este caso: *The Plant Genome Initiative at University of New Jersey* de la Universidad de Missouri y el *ZmDB Maize Genome Database*, de la Universidad de Iowa, son programas de genética de maíz. La DeKalb Genetics, de Illinois, subsidiaria de la Monsanto, comercializa actualmente varios linajes de semillas de maíz para alimentación animal. Sin las informaciones de los mapas genéticos del vegetal no sería posible desarrollar tales variedades con tenor de nutrientes específicos, resultados de investigaciones públicas de Iowa y Missouri. La DeKalb realiza investigaciones *in house* sólo de desarrollo de implante génico y no de mapeo y determinación de funcionalidad, ya que estas actividades son realizadas por el sector público. Otros consorcios de investigación y capacitación pueden ser verificados entre los sectores público y privado: SFGC (*Stress Function Genetics Consortia*) es un programa de investigación sobre genes de tolerancia vegetal; por esto son considerados estratégicos en términos de las empresas que comercializan nuevos cultivos. Es coordinado por el Oak Ridge Institute, del Oak Ridge National Laboratory, tradicionalmente ligado a las investigaciones estratégicas y de él participan las universidades de Arizona, Purdue y Oklahoma, estados de fuerte economía agrícola.

Las investigaciones complementarias pero no subvencionadas por la NSF completan la red: desarrollan equipos para la producción de imágenes celulares auxiliares en la comprensión del metabolismo vegetal (*Center for Light Microscope Imaging and Biotechnology* de la Carnegie Mellon University), de investigación sobre control del tiempo de vida en plantas (*Center for Biological Timing at University of Virginia*) y sobre ecología de microorganismos relacionados a la fertilidad y al régimen de manutención de nutrientes en suelos (*Center for Microbial Ecology* - Michigan State University). Ninguna de estas ramas de la investigación es desarrollada por la

industria, pero son esenciales para que un nuevo producto biotecnológico sea evaluado en ensayos precompetitivos.

La aproximación de la investigación básica a la industria puede ser inferida revisando el camino de las interacciones entre los programas educacionales, sistemas de bioinformática y producción científica. La red virtual privada TIGR es utilizada como depósito de bioinformaciones por todos los programas de investigación. Su utilización pública corresponde a inversiones indirectas del sector privado, que comparte el gerenciamiento de informaciones con el gobierno. Dado el volumen cada vez mayor de información y la creciente aplicación tecnológica de los resultados de las investigaciones, la TIGR posee un programa propio de educación, de investigaciones y de difusión de resultados, conferencias y entrenamiento de alta productividad en operaciones de laboratorio –Speaker Series, en asociación con NIST (*National Institute for Science and Technology*) y el DOE (*Department of Energy y la National Academy of Sciences*).

El soporte en bioinformática y en neurosistemas, capaz de aumentar la capacidad de almacenamiento de informaciones genéticas de plantas y de sus patógenos, CBBL (*Center for Biological and Computational Learning*), desarrollado por el MIT, es un programa de capacitación de investigadores en información sobre genética. Incorpora instrumentos de comparación de las secuencias idénticas entre organismos estudiados, con capacidad de reconocer secuencias de datos ya computados e intensamente utilizados por la industria.

La capacitación científica pública parece, en estos ejemplos, ir más allá de la simple mejora de la calidad del personal. Los vínculos formales entre las instituciones públicas y privadas que desarrollan los proyectos se materializan en nuevas biotecnologías. Los participantes de los proyectos transitan entre la empresa y la universidad, en cuanto los conocimientos son puestos al servicio del desarrollo de nuevos productos. Los *Faculty Early Career Development* son ciclos nacionales de reuniones entre el personal de la academia y el de la industria, donde se discute la agenda de investigación de la NSF y las agendas de desarrollo de productos en las empresas. Los resultados de estos encuentros son enviados a BIO, que debe asumir la responsabilidad por la contratación de nuevos investigadores por la industria y por la creación de grupos multidisciplinarios de estudios que establezcan colaboraciones entre universidad y empresa. Una gran parte de los programas aquí descriptos son el resultado de este tipo de interacción. La BIO y la NSF también promueven los *Impact on Emerging Technologies on Biological Sciences*, donde son discutidas la ética, cuestiones de propiedad intelectual y las dinámicas ambientales y sociales resultantes de las actividades en *genomics*.

Un gran número de nuevos indicadores de CyT ha sido construido para poder contemplar las capacidades de una empresa para vincularse a la investigación pública. La CHI (*Consumer Health Indicators*) presta servicios de análisis de mercado de alta tecnología, desarrolla y comercializa TechLine, metodología de evaluación de citación de patentes. Se utilizan tres grupos de indicadores: *a) indicadores tradicionales*: número de patentes, crecimiento de la tasa de patentes por área o porcentaje por empresa o instituto de investigación; *b) indicadores de citación*: índice de impacto (número de veces que las patentes de una empresa son citadas en los últimos cinco años, en relación a la citación total de patentes en los EUA), índice de potencial de la tecnología (número de patentes en relación a su calidad para el mercado) y *c) indicadores de vinculación* (en qué medida una empresa está utilizando ciencia básica para la obtención de nuevas patentes). La creación de indicadores de citación de patentes en artículos científicos o en otras patentes permite que se obtengan variables sobre el potencial tecnológico de la entidad evaluada.

Las empresas que presentan mayores índices de crecimiento en el número de patentes son las del sector de biotecnología en agricultura, en los últimos cinco años. De acuerdo con CHI, Monsanto y Pioneer Hi-Bred-DuPont presentan un crecimiento de 336% y 375% en sus tasas de patentamiento, respectivamente, lo que las convierte en las empresas más agresivas en términos de producción de nuevos productos en el sector agrícola. Estas y Novartis AG son las que más utilizan ciencia básica, según los indicadores de vinculación: ocupan las posiciones 750 y 800 en términos del tejido de I+D industrial y en consorcios públicos entre las mil empresas mundiales. En el sector de la agricultura ocupan los tres primeros lugares, siendo seguidas por otras tres empresas privadas y recién después por DOE.⁸

Dinámicas reflexivas y dirigibilidad política

Las estrategias de dirigibilidad de las interfaces entre producción innovativa y mercado están basadas en la competencia institucional. Los programas de investigación de instituciones públicas o privadas pueden recibir recursos del gobierno federal; los destinados a la capacitación son colocados a disposición de los dos sectores. Está claro que los sistemas de entrenamiento del personal científico están, en enorme proporción, subsidiados por el gobierno, pero sus resultados son expresados en el ambiente productivo. El

⁸ Site www.chiresearch.com/techline/techare3_example.htm.

Cuadro1. Instrumentos de vinculación formal entre los sectores público y privado de investigación

Mecanismos de Transferencia de Tecnologías	Descripción	Características 1. Incluye: 2. Cuidados:
Intercambio entre Facultades/ Conferencias/ Publicaciones	Intercambio informal y libre de informaciones entre investigadores	1. Presentaciones en conferencias técnicas y profesionales/publicaciones en revistas científicas 2. Transferencia prematura de informaciones que puede originar depósito de patentes
Consultoría a un Laboratorio	Una parte externa al laboratorio provee asesoramiento y/o información	1. Contrato formal específico (por escrito) 2. El consultor se asegura que no exista conflicto de propiedad intelectual
Consultoría por el Personal del Laboratorio	Consultoría realizada para un asociado del sector privado por personal de laboratorio para mejorar la transferencia de tecnología	1. El laboratorio debe aprobar los nombres de dos consultores 2. Se debe evitar conflictos de interés 2. Se debe tener cuidado con asuntos relacionados con propiedad intelectual
Programa de Intercambio	Transferencia de personal científico tanto del laboratorio de una institución como del laboratorio de la otra parte para hacer intercambio de <i>expertise</i> e información	1- Generalmente por un período mayor que un año
Contrato	Un contrato es un instrumento de adquisición acordado entre el gobierno y el contratante que desea conseguir insumos o servicios del gobierno	1. Puede ser utilizado para financiar I+D que podrá ser eventualmente transferido al sector privado. 1. El destino de los derechos de patente está determinado por el tipo de contratante que desempeña el trabajo 1. Las organizaciones sin fines de lucro o pequeñas empresas pueden obtener títulos de invenciones
Contrato de Costo Compartido	El contrato es establecido entre el gobierno y un contratante, en el cual los costos asociados al trabajo son repartidos según lo especificado en el contrato	1. Pagos en dinero y en bienes 1. Debe ser de beneficio mutuo para industria y gobierno 2. Los datos comercialmente obtenibles son protegidos por un período limitado de tiempo

Cuadro1. Instrumentos de vinculación formal entre los sectores público y privado de investigación

Mecanismos de Transferencia de Tecnologías	Descripción	Características 1. Incluye: 2. Cuidados:
Premio y Acuerdo Cooperativo	Son aceptados por el gobierno sólo si los recursos financieros o derechos de propiedad fueran transferidos al receptor de forma de producir fomento o estímulo a la investigación	1. El gobierno podrá entrar en estos acuerdos 1. Débil relación entre el gobierno y el receptor, a excepción de la adquisición de instrumentos
Acuerdo de Investigación y Desarrollo Cooperativo (CRADA)	"Acuerdos entre uno o más laboratorios federales y uno o más participantes no-federales que, a través de sus instalaciones, provee personal, facilidades y otros recursos con o sin resarcimiento (pero no con fondos para socios no federales). Los socios no-federales proveen fondos, personal, servicios, facilidades, equipamientos u otras fuentes de recursos para conducir investigaciones específicas o desarrollar esfuerzos que son consistentes con las misiones de los laboratorios".	2. Certificación de que ningún fondo público deje el laboratorio 2. Los derechos de propiedad intelectual son negociados como parte del acuerdo 2. Cualquier información científica producida por el laboratorio será protegida por lo menos por cinco años
Licenciamiento por parte del gobierno para el sector privado	Transferencia de derechos menores del de propiedad para una tercera parte, permitiendo que ésta utilice la propiedad intelectual	1. Puede ser exclusiva o no exclusiva, para un campo de uso específico, para un área geográfica específica, o para la utilización en los EUA o en territorio extranjero 1. la mayor parte de las <i>royalties</i> deben retornar al laboratorio 1. Preferencia dada a la industria de los EUA y a las pequeñas empresas 1. Sujeto a la consideración de conflictos de interés 1. Son preferibles las licencias no exclusivas a las licencias exclusivas 1. Los solicitantes de la licencia deben presentar planos de comercialización de la invención 1. El gobierno obtiene licencia mundial, no exclusiva y libre de <i>royalties</i>

Cuadro1. Instrumentos de vinculación formal entre los sectores público y privado de investigación

Mecanismos de Transferencia de Tecnologías	Descripción	Características 1. Incluye: 2. Cuidados:
Licenciamiento del sector privado al gobierno	Transferencia de derechos menores de propiedad para una tercera parte, permitiendo que ésta utilice la propiedad intelectual	1. El gobierno puede utilizar invenciones privadas para efectos de pago de justa compensación 1. Deben estar acompañados de reglas de procuración e instrucciones
Investigación para innovación en pequeñas empresas (SBIR)	SBIR es un programa de financiamiento federal para promover la participación de pequeñas empresas en programas gubernamentales	1. Las informaciones son confidenciales por un plazo máximo de dos años 1. El contratante podrá obtener título de propiedad por la invención
Uso de las instalaciones del usuario	Las instalaciones del usuario son científicas y experimentales, únicas, complejas, que incluyen la utilización de equipamientos y <i>expertise</i> de un laboratorio gubernamental designado por el propio gobierno para ser utilizado por la comunidad técnica, universitaria e industrial o por otros laboratorios y otras entidades gubernamentales	1. Las instalaciones proyectadas por el usuario y otras fuentes de uso 1. La investigación puede ser conducida sobre bases propietarias o no propietarias 1. Para casos de I+D propietaria es necesario que todos los costos sean cubiertos por el usuario 1. Para casos de I+D no propietario, los títulos de la invención corresponden al usuario, pero las informaciones deben ser publicadas. 2. Si el contratante fuera otro gobierno o contrato internacional, los usuarios pueden ser sometidos a las cláusulas de propiedad intelectual
Transferencia de tecnología para pequeñas empresas (STTR)	Programa de contrato-premio para pequeñas empresas para formar acuerdos cooperativos con organizaciones calificadas como sin fines de lucro	1. Facultades y universidades sin fines de lucro, centros de I+D federales e instituciones sin fines de lucro 1. Cinco agencias federales –Defensa, Energía, Salud y Servicios Humanos, NSF y NASA 1- Modelados según SBIR y basados en CRADA

Cuadro1. Instrumentos de vinculación formal entre los sectores público y privado de investigación

Mecanismos de Transferencia de Tecnologías	Descripción	Características 1. Incluye: 2. Cuidados:
Trabajos para terceros	Contrato entre agencia federal y socio no federal por contrato de I+D para ser ejecutado por laboratorio federal	1. Una única unidad que trabaja con finalidades de lucro 1. El trabajo debe estar ajustado a los objetivos y prioridades del <i>establishment</i> federal 1. En la mayoría de los casos, los costos deben ser cubiertos por un socio no federal

Fuentes para elaboración: NSF, NSBoard, 1998; BIO / documento: "Industry Trends in Research Support", 1998; Site www.doe.gov/ober ; BIO/Doe documento: "Basic Research Funding", marzo de 1998.

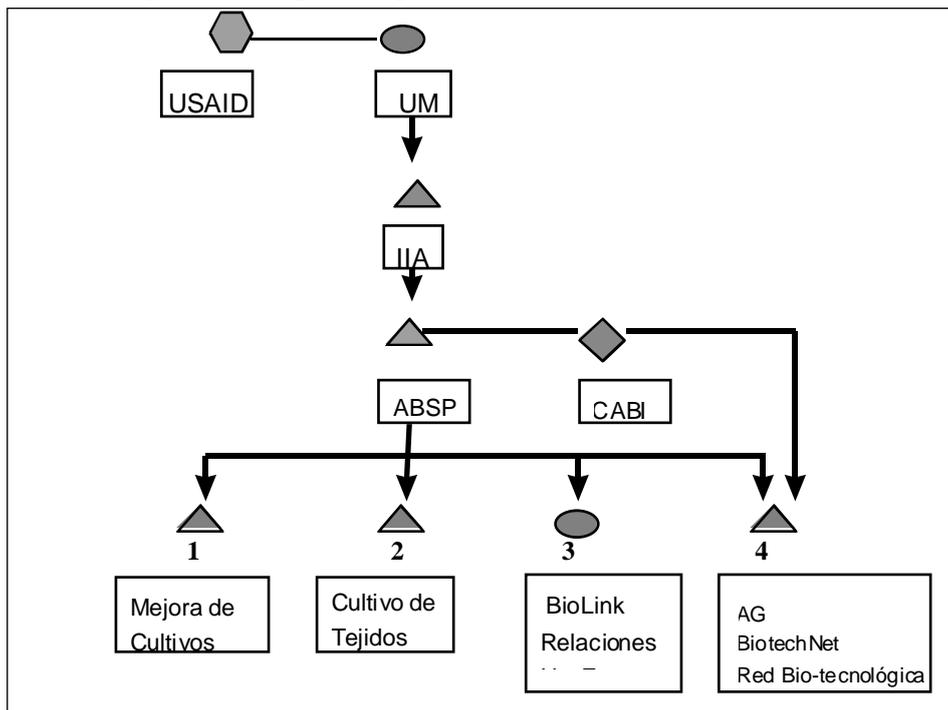
número de vínculos entre instituciones, representados por programas de investigación colaborativa, define la capacidad de relacionarse que presenta la red de investigaciones estadounidense. Son testigo de los indicadores de integración las diversas formas de *grants* interinstitucionales como los que realiza CEPRAP, y por el consorcio de integración de investigaciones del Oak Ridge Institute, y también por las inversiones en investigación de temas complementarios. Los contratos y los ciclos de conferencias entre el personal científico de la universidad y el de la empresa demuestran que de la interacción de esfuerzos entre las tres hélices resulta la estructura en red de la investigación en *genomics* de vegetales en los EUA, que parece resolver los problemas del alto costo de la investigación, de la exigencia de integración de recursos humanos especializados y del gran volumen de trabajo científico. El cuadro 1 presenta un resumen de los tipos de mecanismos de TT vigentes en la red de investigación.

La interacción de las dinámicas de la producción de conocimientos y de mercado en los niveles nacional e internacional también son resueltos por una red estratégica de investigación y entrenamiento que se presenta en el gráfico "Investigación estratégica en agricultura internacional en los Estados Unidos".

En esta red los vínculos formales están también representados por acuerdos y contratos de TT entre instituciones nacionales e internacionales, en el espectro de las definiciones de propiedad intelectual formuladas por el GATT. El documento que normatiza las formas de transferencia de tecnología de la ABSP⁹ revela su carácter de programa estratégico de CyT

⁹ *Basic Research Funding: Statement of the Biotechnology Industry Organization*, marzo de 1998.

Investigación Estratégica en Agricultura Internacional en los Estados Unidos



Leyenda: Investigación básica en laboratorio público, disponible para empresas de negocios agrícolas

USAID: US Agency for International Development; UM: University of Michigan; IIA: Institute of International Agriculture; ABSP: Agricultural Biotechnology Support Project.

1. Mejoría de cultivos.
2. Cultivo de Tejidos Vegetales: investigación de producción de germoplasma y cultura de tejidos.
3. BioLink: promueve relaciones entre la universidad y las empresas.
4. AGBiotechNet: Servicios on line: operada por la AgBiotech West Incorporation patrocinada por BIO y CABI: Center for Agricultural Biotechnology International: ONG mundial.

Fuentes: sites www.iaa.msu.edu/absp, www.cadi.org y sus links.

que busca establecer una estructura mundial de políticas para la agricultura en los países en desarrollo y promover investigaciones de mejoramiento genético. En él se encuentran unidas estrategias públicas y privadas en ciencia para la mejoría de cultivos y tejidos vegetales, con mecanismos de TT. Integrados a la red se encuentra Biolink, que trata de la propiedad intelectual, bioaseguramiento, y promueve las relaciones universidad-empresa; y la BIO, que reúne 750 empresas industriales de biotecnología, instituciones académicas y centros estatales de investigación,

y que patrocina la red *on line* AgBiotechNet y representa el puente entre el sector de investigación de vegetales y las otras dos grandes ramas de la red de innovaciones en genómica de los EUA.

Conclusiones: genes, secuencias y consecuencias

La estructura de la organización de la investigación en genómica en los EUA parece ser tanto causa como consecuencia de tres factores característicos de esta área: el alto costo de la investigación, la exigencia de integración de recursos humanos y el gran volumen de trabajo científico. La red es el resultado de la integración de programas de capacitación, investigación e innovación, a través de mecanismos de aproximación de intereses y desarrollo de investigaciones interinstitucionales.

Diversos tipos de vínculos pueden ser observados en la red. Los programas nacionales de capacitación, implementados con recursos financieros mayoritariamente públicos, atienden la demanda pública y privada por investigadores altamente calificados en varias áreas científicas. Son conjuntos de iniciativas capaces de mantener un *pool* de capital humano.

El sector público financia los grandes programas de investigación, como se muestra en la estructura de programas públicos numerados de 1 a 15. A través de la NSF y del Departamento de Agricultura, este sector mantiene programas nacionales de capacitación de investigadores e investigación básica en genómica de los vegetales de mayor importancia económica; a partir de ellos es posible obtener informaciones sobre mapas genéticos de los cultivos más comercializados mundialmente y que representan hoy los productos tecnológicos para agricultura sobre los cuales fue incorporada la mayor cantidad de ciencia; por ello mismo suscitan el mayor número de polémicas ecológicas y económicas (como es el caso de Round Up Ready, de Monsanto). Los indicadores del potencial tecnológico y de vinculación con la producción científica, como los del CHI, muestran que las empresas presentes en la red ocupan los primeros lugares en estas categorías, y son líderes mundiales en sus sectores.

La asociación empresa-universidad en la producción científica cooperativa conduce a la traducción de conocimientos en productos tecnológicos. La investigación de alto costo, que es mayoritariamente financiada por el sector público, recibe aporte directo e indirecto de recursos privados, mediante contratos de investigación, acuerdos cooperativos, consorcios, mecanismos de TT y otras formas de alianzas estratégicas. Estos mecanismos materializan los vínculos de aproximación entre los sectores industriales e instituciones de investigación, incluyendo actores de ambas

esferas en la producción de innovaciones. De esta forma, los conocimientos incorporados en las esferas pública y privada son compartidos, lo que facilita la resolución del problema creado por el carácter y la extensión de la investigación en genómica, que exige la integración de funciones pertenecientes a varias áreas del conocimiento humano.

Como ejemplo de mecanismos de aproximación, tenemos el ABSP-USAID y el CEPRAP-NSF que, para alcanzar objetivos tecnológicos determinados, permiten al sector industrial desarrollar investigaciones en acuerdos cooperativos (CRADA) o utilizar laboratorios públicos.

El papel del gobierno se encuentra bien visible en su función de articulación de mecanismos de TT, de control estratégico de investigaciones de largo plazo, y de apoyo y fomento a los programas de educación pública y de las investigaciones.

Además de ser la estructura que mejor permite el desempeño de actividades científicas y tecnológicas como forma de resolver los factores en su núcleo problemático, la red en genómica analizada demuestra ser una comunidad tecnocientífica, organizada en un sistema cooperativo de producción de innovaciones.

El patrón de integración entre los componentes de las tres esferas –universidad, empresa y gobierno– envuelve innumerables formas de vinculación institucional. La actividad de entrenamiento y calificación de recursos humanos realizados en el contexto de la investigación y producción innovativa es ventajosa tanto para la industria como para el sector público. La utilización de mecanismos de aproximación también incluye el uso compartido de activos complementarios, como *databases*, programas de educación básica y avanzada, y de instalaciones de laboratorios. El hecho de existir intensa actividad de I+D industrial articulada a los programas de investigación pública, provoca una ruptura en la clásica cuestión sobre la dificultad existente en la interacción entre instituciones de carácter y objetivos tan diferentes como la universidad y la empresa. El significativo aumento del número de patentes en biotecnología depositadas por las empresas involucradas demuestra que la red es un sistema que mejora el aprendizaje público y privado de producción de nuevos productos biotecnológicos. La red mantiene el conocimiento incorporado en ella y establece cierta integración vertical entre empresas de biotecnología y el sistema de producción científica básica.

Este patrón de reacomodamiento institucional que busca la funcionalidad del flujo de conocimientos entre el mundo académico y la industria es observado en los dos otros grandes programas de genómica de los EUA –HGP y de microorganismos– y de la Comunidad Europea. En ellos se consolida un nuevo modo de producción basado en el conocimiento, donde

las esferas de la universidad, de la empresa y del gobierno entran en estrechas relaciones para obtener la plena valorización comercial de los esfuerzos del desarrollo científico.

Bibliografía

Nelson, R. (1992), "Economic growth via the co-evolution of technology and institutions", en Leydesdorff & van den Besselaar (1994), pp. 21-32.

Leydesdorff, L., Etzkowitz, H. (1996), "Emergence of la Triple Helix of university-industry-government relationships", *Science and Public Policy*, v. 23, n. 5, pp. 279-286.

Mowery, D., Rosenberg, N. (1989), *Technology and the Pursuit of Economic Growth*. Cambridge University Press.

OCDE (1992), *Technology and the Economy. The key relationships*, Paris. □

Tomando la cooperación en serio: interacciones en innovación y desarrollo en el Sistema Nacional de Innovaciones de Alemania

Andreas Stamm*

En los últimos años, las redes de cooperación entre diferentes actores de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) y su expresión territorial (*clusters*, distritos industriales) se han convertido en uno de los focos de investigación sobre la innovación tecnológica. El enfoque sistémico de las redes permite dejar atrás explicaciones monocasuales y lineales de la innovación que ya no son adecuadas para comprender la complejidad creciente del progreso tecnológico. Por otro lado, es poca la investigación empírica que puede arrojar luz sobre la importancia real y el papel exacto que juegan las redes de interacción dentro de un SNI. El presente artículo, a partir del caso de Alemania, aporta evidencias que indican que son tres los elementos claves que explican la posición todavía favorable de Alemania en la competencia innovadora global: una fuerte base de empresas innovadoras, una capacitación técnica diferenciada de alto nivel, así como una investigación aplicada, ajustada a las necesidades del sector privado. Estos tres elementos a lo largo de muchas décadas han llegado a formar el núcleo del sistema industrial alemán. La cooperación en investigación y desarrollo en el sentido estricto, entendida como el conjunto de interacciones entre empresas y entre empresas e instituciones, lejos de ser un fenómeno generalizado, mantiene una función complementaria a los propios esfuerzos innovadores de las empresas y constituye sólo una entre las varias opciones que tienen éstas, para abastecerse de conocimiento tecnológico externo.

Palabras clave: Sistema Nacional de Innovación Alemán; innovación tecnológica; cooperación; empresas innovadoras.

1. Introducción

En los últimos años, las redes de cooperación entre diferentes actores de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) y su expresión territorial (*clusters*, distritos industriales) se han convertido en uno de los focos de investigación sobre la innovación tecnológica. El enfoque sistémico de las redes permite dejar atrás explicaciones monocasuales y lineales de la innovación que ya no son adecuadas para comprender la complejidad creciente del progreso tecnológico. Por otro lado, es poca la investigación empírica que puede arrojar luz sobre la importancia real y el papel exacto

* Instituto Alemán de Desarrollo, Berlín.

que juegan las redes de interacción dentro de un SNI. Sigue siendo muy difícil identificar los elementos y las relaciones clave que explican la dinámica innovadora. Para que el concepto de red sea realmente útil como herramienta de política tecnológica, la misma tendría que ayudar en la toma de decisiones para la asignación óptima de recursos escasos con el fin de fomentar el progreso tecnológico. Para lograr este objetivo es necesaria una conceptualización más clara y una mayor cantidad de estudios empíricos sobre los diferentes SNI.

El presente artículo, a partir del caso de Alemania, aporta evidencias que indican que son tres los elementos clave que explican la posición todavía favorable de Alemania en la competencia innovadora global: una fuerte base de empresas innovadoras, una capacitación técnica diferenciada de alto nivel, así como una investigación aplicada, ajustada a las necesidades del sector privado. Estos tres elementos, a lo largo de muchas décadas, han llegado a formar el núcleo del sistema industrial alemán. La cooperación en investigación y desarrollo (I+D) en el sentido estricto, entendida como el conjunto de interacciones entre empresas y entre empresas e instituciones, lejos de ser un fenómeno generalizado, mantiene una función complementaria a los propios esfuerzos innovadores de las empresas y constituye, además, sólo una entre las varias opciones que tienen éstas para abastecerse de conocimiento tecnológico externo.

El beneficio social de la cooperación en I+D y de la formación de redes es mayor al beneficio privado de las empresas involucradas. Una política tecnológica que pretende inducir sinergias entre los elementos del SNI tiene que partir de una serie de barreras que obstaculizan la cooperación. Pero, en primer lugar, tiene que evaluar si la falta de cooperación en realidad es el principal vacío del SNI o si existen otras deficiencias que requieren de una atención prioritaria. Entendido de esta manera, la formación de redes y el apoyo institucional a este proceso se debería ver como una herramienta entre varias para inducir el progreso tecnológico, pero de ninguna manera como un fin en sí mismo.

La estructura del artículo es la siguiente: después de discutir brevemente algunos factores que conducen a una creciente importancia de la cooperación en I+D (punto 2), se describe la formación histórica y la estructura actual del SNI alemán, incluyendo las instituciones y los instrumentos implementados con el fin de fomentar las sinergias entre los actores (punto 3). En el punto 4 se presentan evidencias empíricas sobre la cooperación en I+D y en el punto 5 se discuten las barreras que obstaculizan la formación de sinergias. El punto 6 resume los principales resultados y concluye con algunas recomendaciones de política tecnológica.

2. ¿Por qué crece la importancia de la cooperación en I+D para la innovación tecnológica?

Antes de presentar las evidencias empíricas del SNI alemán, cabe discutir algunos aspectos que hacen comprensible y probable que la cooperación en I+D entre diferentes actores esté aumentando, principalmente en los sectores industriales más competitivos e innovadores:

- La creciente complejidad de los bienes comercializados a nivel internacional requiere entrelazar diferentes tecnologías y, para tal propósito, crear sinergias entre actores especializados. La construcción de maquinaria moderna, para tomar un ejemplo, requiere hoy de capacidad tecnológica tanto en el área de la mecánica como en el de la microelectrónica (*mecatrónica*) y crecientemente también en la informática.

- En importantes áreas tecnológicas (semiconductores, industria farmacéutica) los costos de I+D crecen rápidamente entre un ciclo de innovación y el siguiente, lo que induce a estimular la cooperación entre empresas y el fin de compartir inversiones y distribuir riesgos.

- Con el acortamiento de los ciclos de innovación se considera de importancia estratégica acelerar la transformación de descubrimientos científicos en nuevos productos y procesos comerciales (*lead time*). Esto requiere una interacción más directa entre los actores cercanos al mercado con los representantes de las ciencias básicas.

- La concentración de empresas tecnológicas en áreas de ventajas competitivas específicas (*core competencies*) conduce a la externalización de otras funciones de I+D y al consiguiente establecimiento de relaciones de cooperación.

- Mientras aumentan las razones estratégicas y económicas para establecer redes de cooperación en I+D, los avances en la tecnología de información y comunicación permiten cada vez más desarrollar una comunicación interorganizacional ágil, independiente de la localización de los actores. Conforme avancen las posibilidades de intercambiar grandes cantidades de datos sin pérdida de tiempo, se hace factible dividir procesos típicamente internos de una empresa o un departamento (diseño e ingeniería de productos y partes) y aprovechar las ventajas específicas de diferentes actores (*Concurrent Simultaneous Engineering*, Bullinger *et. al.*, 1998: 22-50).

Existen, entonces, buenas razones para partir de una creciente importancia de cooperaciones e interacciones entre diferentes actores en el proceso innovador. Un SNI complejo y maduro como el alemán se presta en forma especial para discutir algunas evidencias empíricas sobre este as-

pecto. No pretendemos abarcar la totalidad de las múltiples interacciones posibles, sino que enfocamos las relaciones horizontales y verticales entre empresas, y entre empresas e instituciones públicas.

3. El SNI alemán: formación, estructura y políticas estatales

3.1. Formación histórica del SNI alemán

Desde el siglo pasado se llevó a cabo un proceso de diferenciación institucional en el sector público y privado que creó las raíces del Sistema Nacional de Innovación en Alemania. Como se verá a continuación, algunas de las interdependencias y adaptaciones mutuas de los elementos mantienen hasta hoy un papel decisivo en la competitividad de sectores de importancia estratégica.

A principios del siglo XIX, algunas décadas antes que se iniciara la revolución industrial alemana, se llevaron a cabo importantes reformas en el sistema universitario, anteriormente dedicado a la educación superior con fines principalmente humanistas. Las reformas iniciadas por Humboldt le dieron a las universidades el doble papel de desarrollar la enseñanza y la investigación. Hacia mediados de siglo, la orientación del sistema universitario a la investigación científica se había generalizado, lo que se expresó en la existencia de laboratorios para las ciencias naturales y bibliotecas especializadas en las humanidades. Al mismo tiempo se empezó a conformar un sistema de colegios técnicos superiores. A estos colegios se les autorizó a partir de 1870 a llevar el nombre de *universidades técnicas* que a finales de siglo tenían todos los derechos y los méritos de las universidades tradicionales. Las universidades técnicas contaron también con sus laboratorios de investigación, dedicados a la ingeniería y a otras ciencias aplicadas.

Desde mediados del siglo XIX también se comenzaron a observar las primeras actividades sistemáticas de investigación y desarrollo (I+D) dentro de las empresas privadas del sector industrial. A partir de este momento se dieron importantes sinergias entre los subsectores del SNI alemán emergente. La conformación de un sistema institucional adecuado fue decisivo para el nacimiento y el crecimiento de la industria química y farmacéutica de Alemania. Importantes invenciones básicas de esos sectores se realizaron en este país a mediados del siglo XIX, y se convirtieron en los fundamentos de algunas de las empresas que hoy se encuentran entre los principales *global players* del sector.¹ Observaciones similares se pueden

¹ Las empresas Bayer, BASF y Hoechst se fundaron en los años sesenta del siglo XIX.

hacer con respecto a la industria electrotécnica (Siemens). En ambos sectores, las universidades técnicas se adaptaron rápidamente a las necesidades de las empresas nuevas, en cuanto al trabajo de investigación y, sobre todo, la formación de los recursos humanos necesarios. La creciente demanda por parte de la industria en expansión fue satisfecha por parte de las universidades, que aumentaron el número de estudiantes y al mismo tiempo se ajustaron a los requerimientos específicos de las empresas. Nuevas facultades y carreras se abrieron conforme avanzó la diversificación de la industria alemana.

Estas estrechas interrelaciones entre el sector privado y la educación técnica pública conformaron la principal ventaja competitiva de Alemania en comparación con otros países en vías de industrialización. En la primera década del siglo XX, en las universidades alemanas se graduaron alrededor de 30 mil ingenieros (21 mil en Estados Unidos). En Alemania había diez veces más estudiantes de ingeniería que en Inglaterra y Gales (Keck, 1993).

El amplio abastecimiento de recursos humanos especializados no sólo permitió un rápido crecimiento de las empresas privadas, sino que impulsó también un estilo de desarrollo particular, fundamentado en la acumulación de conocimientos *tácitos*² incorporados en una planilla de personal altamente calificado. En el siglo XX, el SNI alemán se diversificó más. Sin embargo, los sectores industriales portadores de las principales ventajas competitivas de Alemania son hasta hoy precisamente aquellos que desarrollaron fuertes sinergias al principio de su sendero de desarrollo, tal y como se describió.

3.2. Estructura actual del SNI alemán: I+D en el sector privado y público

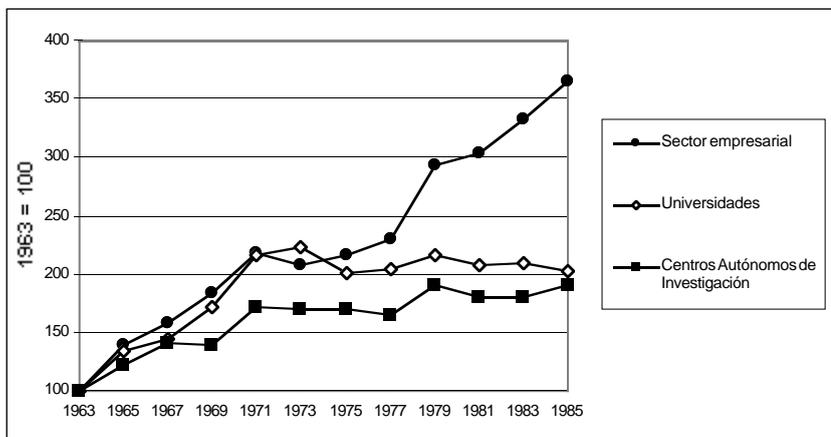
El sistema alemán de I+D consiste en tres pilares básicos: I+D industrial, universidades y los centros autónomos de investigación.

Las *empresas privadas* financian alrededor del 60% de todos los gastos en I+D en Alemania.³ Este porcentaje es similar al de los Estados Unidos y se ubica por encima del promedio de los países de la OCDE. Como demuestra el gráfico 1, la participación del sector privado en los gas-

² El concepto del *tacit knowledge* lo fundamentó el filósofo de la ciencia Polanyi en los años sesenta. *Tacit knowledge* es aquella parte del conocimiento que no se puede ni codificar ni comunicar fácilmente (Nelson y Winter, 1982: 76ss).

³ Los gastos totales en I+D fueron de unos 43 mil millones de dólares en 1997, aproximadamente un 2.3% del PBI de Alemania.

Gráfico 1. Gastos nacionales para I+D, según sector de financiamiento 1963-1985



Fuentes: elaboración propia con base en datos del Ministerio Alemán de Educación e Investigación.

tos totales para I+D creció a lo largo de las décadas pasadas y principalmente a partir de finales de los años setenta. El actor más fuerte en I+D lo constituye la gran empresa industrial: a finales de los años ochenta, el 31% de todos los gastos privados correspondieron solamente a siete empresas. Las pequeñas y medianas empresas aportan en la actualidad solamente un 13% de los gastos en I+D. Sin embargo, aun sin contar con laboratorios propios de I+D, un amplio sector de las Pymes alemanas logra exitosamente incorporar el progreso tecnológico en sus productos y procesos, ubicándose entre los segmentos más competitivos de la industria alemana.

Investigación universitaria: en Alemania existen 113 universidades y 114 centros de educación parauniversitarios (CEP).⁴ Dentro del sector universitario, compuesto en su gran mayoría por instituciones públicas, las universidades tradicionales realizan principalmente investigación básica en ciencias naturales, medicina y ciencias sociales, mientras que las universidades técnicas poseen un fuerte énfasis en la ingeniería. El presupuesto de los CEP destinado a I+D es limitado; sin embargo, debido al carácter aplicado de su trabajo, logran ubicarse como importantes contrapartes de las Pymes en proyectos tecnológicos.

⁴ Los *Fachhochschulen* se fundaron a principios de los años setenta. Capacitan principalmente ingenieros a un nivel más práctico que las universidades técnicas.

Centros autónomos de investigación: Alemania cuenta con un complejo sistema de centros autónomos de investigación, financiado principalmente por el gobierno central y los estados federales.⁵ Existen tres grupos de instituciones importantes dentro del SNI alemán:

- Los Institutos Max-Planck (MPI, por sus siglas en alemán): en la actualidad existen 78 entidades dedicadas a la investigación básica en ciencias naturales.

- Los Centros de Investigación Grande (GFE, por sus siglas en alemán): son actualmente 16 centros con una planilla que llega a 4.000 científicos en las unidades más grandes. Se caracterizan por trabajar con instrumentos para experimentos técnicos a gran escala (reactores nucleares experimentales). Su misión tradicional fue la de combinar la investigación básica con la investigación aplicada en tareas complejas y con plazos entre medianos y largos (trenes ultraveloces, estación espacial). Las entidades más grandes se encuentran actualmente en un proceso de reestructuración y de reorientación hacia tareas más aplicadas.

- Los Institutos de la Sociedad Fraunhofer (FhG, por sus siglas en alemán): hoy existen 47 institutos que se dedican a la investigación aplicada y por contrato. Los FhG recibe financiamiento estatal en relación con el nivel de autofinanciamiento alcanzado. Por cada monto de dinero que ingresa mediante contratos externos, reciben un aporte proporcional del Estado.

Obviamente, el SNI de Alemania es complejo y presenta un amplio potencial para sinergias tecnológicas entre el sector privado y el sector público. La política tecnológica fomenta, mediante una gama de instrumentos, la cooperación entre los actores y la creación de sinergias. A continuación se describen algunos de los instrumentos más importantes.

3.3. Instrumentos de la política tecnológica de Alemania para fomentar la cooperación en I+D

La política tecnológica alemana atravesó en la época de posguerra cuatro etapas con diferentes focos de atención y durante las cuales se implementaron diferentes mecanismos de apoyo. Los instrumentos de cada una de las etapas mantuvieron posteriormente su vigencia, así que hoy existe una compleja gama de instituciones e instrumentos que no forman un sistema coherente de fomento tecnológico, sino que reponen de distinta manera a diferentes problemas.

⁵ El término "autónomo" se refiere al hecho de que aunque dependen del financiamiento estatal, su forma legal les permite tomar decisiones internas sin mayor influencia del Estado.

3.3.1. Etapas de la política tecnológica en la posguerra

La *primera etapa* de una política tecnológica activa tuvo su arranque en 1955, cuando Alemania recuperó su plena soberanía. Se concentraron los recursos públicos en el fomento de la investigación básica y en el establecimiento de varios Centros de Investigación Grande (GFE), cuya misión principal fue la de disminuir la brecha entre Alemania y los Estados Unidos en la tecnología nuclear. También la I+D en la industria privada recibió apoyo estatal mediante instrumentos *directos* de fomento tecnológico (ver recuadro).

Los *instrumentos directos* fomentan la innovación a través de subsidios para tareas claramente circunscritas en cuanto al contenido y al plazo (proyectos), influyendo en el rumbo del desarrollo. Los *instrumentos indirectos* apoyan a la I+D como función empresarial, y no como tarea específica, de tal modo que queda a cargo de las empresas decidir para qué tipo de proyectos invierten los subsidios estatales.

La *segunda etapa* de la política tecnológica alemana respondió a la primera recesión posguerra de los años 1966-1967. Se amplió la gama de tecnologías que recibieron fuerte apoyo estatal, enfocando aquellas que tenían potencial para aumentar la competitividad internacional de sectores más amplios de la industria alemana. Además, se implementaron instrumentos *indirectos*, principalmente incentivos fiscales, con la finalidad de acelerar la difusión de nuevas tecnologías en el sector privado.

La *tercera etapa* de la política tecnológica arrancó a inicios de los años ochenta y respondió en primer lugar a la creciente competencia tecnológica entre los bloques industriales del Norte. Varios indicadores señalaron que la posición competitiva de Alemania se estaba debilitando. Uno de los principales retos a los cuales respondió la política tecnológica fue el de acelerar el ciclo innovador, específicamente la conversión de descubrimientos científicos en nuevos productos y procesos. Además, se iniciaron esfuerzos para mejorar las estructuras empresariales a través de la formación más dinámica de nuevas empresas de base tecnológica. Esta etapa mantuvo vigencia hasta mediados de los años noventa.

A partir de mediados de los años noventa se perfila una *cuarta etapa* de política tecnológica en Alemania. Mientras que la percepción de la problemática a la cual se buscan soluciones (insuficiente ritmo de innovación y de formación de nuevas empresas) se mantiene constante, los recursos disponibles para el fomento tecnológico disminuyen en forma sostenida, principalmente por los altos costos fiscales de la reunificación de Alemania y por los altos déficit estructurales en los presupuestos públi-

cos. La respuesta a esta situación consiste en una serie de reformas programadas para las instituciones públicas (universidades, GFE) y en una mayor focalización de los recursos en áreas tecnológicas consideradas de importancia estratégica.

3.3.2. Instrumentos e instituciones destinados a fomentar las sinergias en el SIN

En distintas etapas se implementaron instrumentos específicamente dirigidos a fomentar las sinergias entre diferentes actores del SIN. A continuación se describen algunas de ellas y se presentan algunas evidencias sobre su eficacia.

El instrumento más antiguo para fomentar la cooperación en I+D es el programa de la “Investigación Industrial Común” que desde 1954 recibe apoyo del Ministerio de Economía.⁶ La base institucional de este instrumento es la “Organización de Asociaciones de Investigación Común”, conformada en la actualidad por 108 asociaciones de diferentes sectores industriales. Se realizan proyectos de investigación aplicada en áreas pre-competitivas y los resultados son accesibles para todas las empresas miembros de la asociación. El principal grupo meta de este instrumento son las Pymes que no disponen de suficientes recursos para llevar a cabo I+D interno. En términos cuantitativos, el alcance del instrumento es limitado. En 1995, el sector empresarial invirtió alrededor de 260 millones de dólares para la investigación asociativa,⁷ lo que equivale a 0.9% de todos los gastos privados para I+D. Un análisis más detallado a nivel sectorial revela que en algunas actividades tradicionales con alta participación de Pymes (transformación de cueros, textiles, confección), la Investigación Común llega a representar una tercera parte de todos los gastos en I+D. Al otro lado, en las actividades de alto contenido científico (industria química, electrotécnica, automotriz) los proyectos compartidos son insignificantes.

A partir de los años ochenta, iniciando la tercera etapa de la política tecnológica (véase más arriba) y con la finalidad de acortar el ciclo innovador, se intensificaron los esfuerzos para inducir mediante subsidios la creación de instituciones especiales y la cooperación entre diferentes actores del SNI. En el marco de los programas de *fomento directo* a la I+D, se vinculó la posibilidad de acceder a fondos públicos a la cooperación entre por lo menos dos organizaciones diferentes, generalmente entre varias empresas privadas por un lado, y una o varias instituciones públicas por el

⁶ En alemán: *Industrielle Gemeinschaftsforschung*.

⁷ El subsidio a la investigación común por parte del Ministerio de Economía fue, en el mismo año, de alrededor de 90 millones de dólares.

otro. Estudios de caso demuestran que el inicio y la realización exitosa de este tipo de proyectos compartidos depende de una serie de condiciones estructurales,⁸ un mínimo de confianza interpersonal, y la ausencia de comportamiento aprovechador. Además, requiere de un fuerte acompañamiento y monitoreo por parte de actores neutrales.

En el marco de los programas de *fomento indirecto*, implementados en los años noventa (“*Forschungskooperation*”), se subsidian actividades de cooperación en I+D principalmente de las Pymes y específicamente:

- Proyectos tecnológicos realizados entre varias empresas con la incorporación adicional de instituciones de investigación o sin ella.
- Contratos de I+D que firma la empresa privada con instituciones públicas.
- El intercambio, por tiempo limitado, de personal de I+D entre empresas privadas e instituciones públicas de investigación.

Este programa ha tenido un impacto entre las Pymes de los nuevos estados federales de Alemania, es decir en la antigua Alemania Oriental. Las empresas que sobrevivieron a las fuertes reestructuraciones o que se fundaron después de la reunificación alemana, en buena parte no contaron con experiencias en la cooperación horizontal o vertical y los subsidios otorgados obviamente lograron incentivar el acercamiento a instituciones públicas y a otras empresas.

También a partir de los años ochenta se empezaron a instalar oficinas e instituciones cuya principal misión es cerrar la brecha entre el sector público y el sector privado a través de la *transferencia de tecnología*. Entre el total de más de mil instituciones existentes a mediados de los años noventa, se observa una gran variedad en cuanto a su constitución formal y legal, sus principios de funcionamiento y sus tareas específicas. Sin embargo, se pueden distinguir claramente dos conceptos básicos de transferencia de tecnología.

- La transferencia *ex-post* de tecnología desarrollada. Consiste principalmente en identificar tecnologías desarrolladas dentro de la propia organización que tenga potencial para la aplicación comercial y buscar clientes externos. Es el concepto aplicado por la mayoría de las instituciones públicas y oficinas universitarias de transferencia de tecnología.
- El involucramiento temprano de los clientes en la fijación de los objetivos, el diseño y la realización del proyecto. Son pocas las oficinas pú-

⁸ Por ejemplo, no debe haber diferencias muy grandes en el nivel de capacidades tecnológicas entre las empresas involucradas.

blicas que trabajan con este concepto proactivo de transferencia de tecnología. Una de las instituciones más exitosas es la *Fundación Steinbeis*, institución privada sin fines de lucro, cuyo campo de acción principal es el estado federal de Baden-Württemberg.

Un ejemplo de transferencia tecnológica exitosa: la *Fundación Steinbeis*

La Fundación Steinbeis fue fundada en 1971 por parte de representantes de la política, la administración pública, el sector académico y las empresas privadas del Estado Federal de Baden-Württemberg. Hoy, la Fundación cuenta con una red de 320 Centros de Transferencia Tecnológica (CTT), organizados como unidades dependientes con administración propia (*profit center*). Se encuentran anexos a institutos en universidades y, sobre todo, en los Centros de Educación Parauniversitarios (CEP). Los CTT contratan los recursos humanos y materiales de los institutos a precios de mercado y generalmente el administrador del centro es un profesor titular del CEP o la universidad respectiva. Basados en esta estructura, se logra mantener muy bajas las inversiones y los costos fijos. La Fundación alcanza un nivel de autofinanciamiento superior al 95%. Es principalmente la pequeña y mediana empresa la que contrata los servicios de la Fundación Steinbeis, para la solución rápida de problemas técnicos específicos. El volumen de los contratos aumenta constantemente: los ingresos de la Fundación subieron de unos 28 millones de dólares en 1990 a aproximadamente 68 millones en 1997. Un factor decisivo para el éxito de la Fundación Steinbeis es su estructura descentralizada: cada CTT es altamente especializada en un área tecnológica. La oficina central, ubicada en Stuttgart, sirve principalmente como centro de enlace entre el cliente y el CTT que tiene la capacidad tecnológica para atender el problema específico. Una vez realizado el contacto, le compete al CTT negociar los términos de la cooperación y velar por su éxito. Dada su organización como *profit centers*, los CTT tienen una alta motivación intrínseca para ofrecer servicios de alta calidad y orientados a las necesidades de los clientes actuales y potenciales.

Las evaluaciones realizadas indican que la mayoría de las instituciones que trabajan conforme al primer concepto de transferencia de tecnología han tenido un éxito muy limitado. Esto se debe a una serie de factores, entre los que se deben mencionar los siguientes:

- En muchos casos, las tecnologías desarrolladas en las universidades e instituciones públicas no se ajustan a las necesidades del mercado.
- En muchos casos, las personas encargadas de la transferencia de

tecnología no es gente técnicamente capacitada, sino que se trata de personal administrativo o provenientes de otras áreas de la institución. Esto dificulta la evaluación de las oportunidades tecnológicas y la comunicación con los técnicos de la empresa privada.

- En muchos casos no existen incentivos intrínsecos para buscar activamente el contacto con la empresa privada, puesto que las instituciones reciben un financiamiento público garantizado.

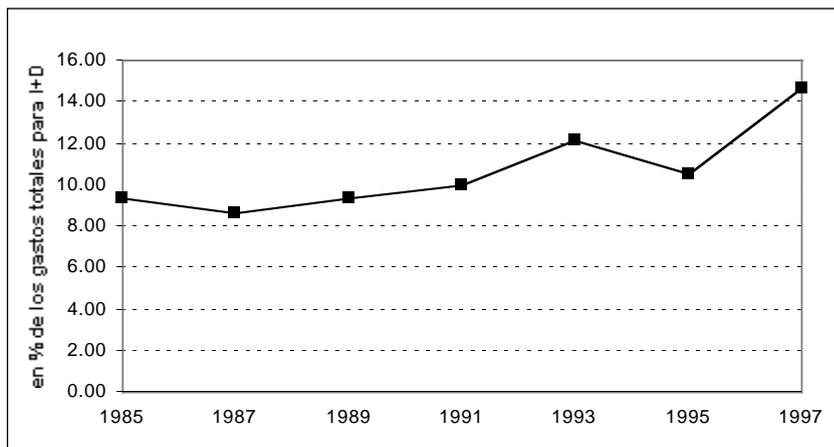
Recientemente, en la cuarta etapa de la política tecnológica de Alemania, se está implementando otro tipo de fomento a la cooperación en I+D, más prometedor que otros instrumentos del pasado. El concepto básico consiste en celebrar concursos temáticos para el financiamiento de proyectos y programas. En estos concursos participan redes de actores que se conforman "desde abajo" en base a relaciones existentes a nivel regional o supra-regional. De esta manera se garantiza que las interacciones correspondan a los intereses propios de los actores participantes y que exista un mínimo de confianza entre ellos. En una primera etapa, se elaboran conceptos preliminares. Una comisión independiente selecciona entre estos esbozos los más prometedores. En la segunda etapa, el Ministerio de Educación y Ciencia apoya mediante subsidios el proceso de elaboración de los proyectos, con base en los esbozos preseleccionados. Entre ellos se realiza la selección definitiva. Los proyectos aprobados reciben un apoyo financiero significativo en un mediano plazo (generalmente cinco años).

Las primeras experiencias con este tipo de concurso indican que efectivamente se logra inducir un trabajo creativo de importantes actores del SNI. En los concursos celebrados hasta la fecha participaron un número elevado de redes de actores. Obviamente, el elemento competitivo permite una mejor asignación de los recursos para el fomento a la tecnología e incentiva una cooperación interorganizacional dirigida.

4. Evidencias sobre el papel de la cooperación en I+D en el proceso innovador de Alemania

Evaluar la importancia de la cooperación en I+D dentro de un SNI choca con una serie de problemas metodológicos. Estos se derivan, en primer lugar, de la multitud de posibles relaciones que se pueden incluir dentro del concepto de cooperación y que van desde la compra de licencias y otras formas contractuales de abastecimiento externo con *know-how*, hasta relaciones informales y personalizadas entre actores de diferentes organizaciones.

En el caso de Alemania se permite en un primer acercamiento, ana-

Gráfico 2. Importancia relativa de los gastos externos en I+D (1985-1997)

Fuentes: elaboración propia con base en datos del Ministerio alemán de Educación e Investigación.

lizar la importancia de relaciones externas vinculadas con el flujo de recursos económicos⁹ de una organización a otra y su dinámica en el tiempo. Los datos del gráfico 2 se fundamentan en una encuesta realizada bianualmente entre 25.000 empresas alemanas y demuestra el desenvolvimiento de los gastos externos de las empresas para I+D a lo largo de los últimos años.¹⁰

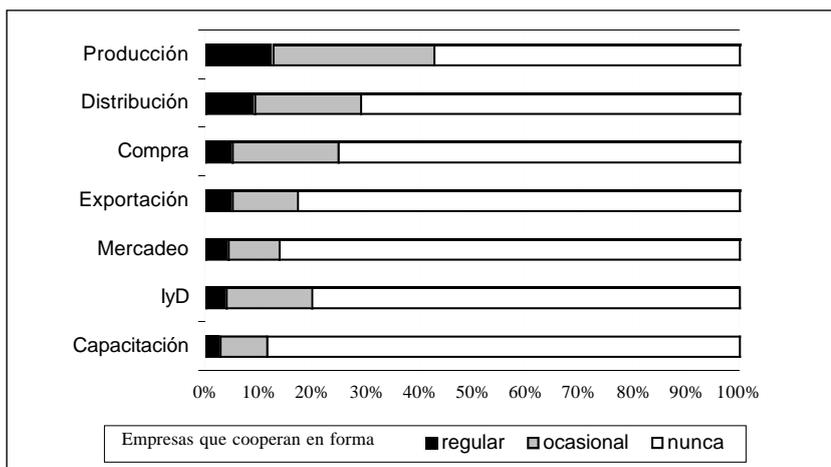
En primer lugar, se puede destacar que todavía un 85% de todos los fondos para la innovación tecnológica se utilizan para actividades internas de las empresas, es decir para cubrir costos de personal, de equipamiento y mantenimiento de laboratorios, etc. Se puede notar un incremento paulatino de los gastos externos y los datos para los años noventa señalan que la externalización de los gastos para I+D se vuelve un poco más dinámica.

La misma encuesta revela que en 1995 un 60% de los gastos externos en I+D fue utilizado para la cooperación con otras empresas privadas, por ejemplo para la compra de patentes y licencias. Aproximadamente el 22% de los gastos externos se destinaron a la cooperación con universidades y centros autónomos de investigación, el 15% a la contratación de

⁹ Se trata de la compra de licencias, contratos formalizados de I+D con otra empresa o con una organización pública, asesorías técnicas y.o.m.

¹⁰ Esta encuesta es realizada por la asociación "Stifterverband für die deutsche Wissenschaft", organización sin fines de lucro, que coordina actividades de fomento a la ciencia y para mejorar la cooperación entre la ciencia y la empresa privada.

Gráfico 3. Cooperación en la industria manufacturera de Rhenania del Norte - Westfalia



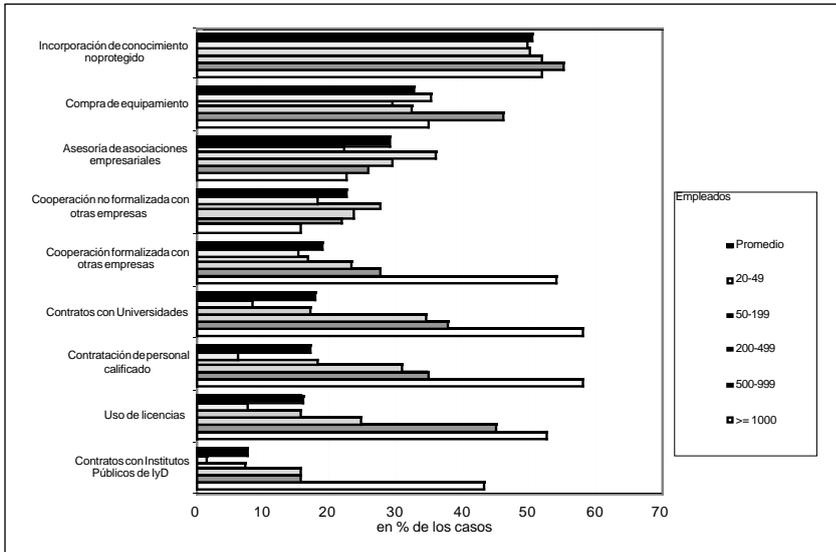
Fuente: Dörsam e Icks, 1997: 36.

tecnología a nivel internacional y los restantes 3% a otras formas de cooperación en I+D.

En 1990 se realizó una encuesta a un total de 719 empresas del sector manufacturero de Rhenania del Norte - Westfalia, estado federal del oeste de Alemania con un denso tejido de empresas industriales, tanto de sectores tradicionales como modernos (Dörsam e Icks, 1997: 36ss). El gráfico 3 revela que la cooperación externa no se puede considerar como fenómeno generalizado en ningún área funcional de las empresas, y que es específicamente baja la tasa respectiva en I+D. Un número muy contado de empresas (el 3,9% del total) indicaron que cooperan en forma regular con otros actores en la generación de nuevos conocimientos técnicos, mientras que el 80% de las empresas no coopera nunca en este área.

El hecho de que una empresa no coopere ni con otra empresa ni con una institución pública, no significa que desista de la posibilidad de incorporar conocimiento externo a sus productos y procesos. Esto lo revelan los resultados de otra encuesta, realizada por el Instituto de Investigación Económica (IFO, por sus siglas en alemán) en 1994 a un conjunto de más de mil 600 empresas industriales con por lo menos 20 empleados (Reinhard y Schmalholz, 1996). La forma más importante de adquisición de conocimiento tecnológico externo es, para el conjunto de las empresas y para cada uno de los estratos, la incorporación de conocimiento no protegido, tanto en forma no incorporada (literatura, presentaciones en ferias,

Gráfico 4. Fuentes de conocimiento tecnológico en la industria manufacturera de Alemania



Fuente: elaboración propia con base en Reinhard / Schmalholz, 1996: 42.

etc.) como incorporado en bienes materiales, por ejemplo la observación de la competencia, el análisis de productos (*reverse engineering*) o la compra de equipamiento.

La asesoría tecnológica que prestan instituciones del sector privado, como cámaras y asociaciones empresariales, tiene importancia principalmente para la mediana empresa, aproximadamente una en tres empresas mencionó haber recurrido a este recurso.¹¹ Una situación similar, aunque a menor nivel, se observa con respecto a la cooperación no formalizada entre empresas. Este concepto incluye tanto relaciones verticales (productor-usuario de tecnología) como horizontales (entre empresas del mismo eslabón de la cadena productiva). Por otro lado, la cooperación formalizada en I+D y el uso de licencias tienen viabilidad principalmente para la gran empresa. Contratar personal calificado constituye una opción eficiente para incorporar conocimiento tácito. Esta posibilidad se presta en primer lugar para la empresa grande con suficientes recursos y posibilidades para incluir personal de I+D en su planilla.

¹¹ Según la misma encuesta, la importancia de las oficinas públicas de transferencia de tecnología es casi insignificante.

A pesar de que la información disponible tiene un carácter parcial,¹² se pueden resumir algunos aspectos generales:

- Para las empresas grandes, la base principal de la innovación tecnológica sigue siendo la propia I+D de la empresa. Aunque una parte de ellas utilizan diferentes vías para acceder a un *know-how* externo, éste mantiene un carácter complementario a la propia generación de conocimientos. A la hora de cooperar con actores externos, las empresas grandes suelen optar por relaciones formalizadas y contractuales.

- Muchas Pymes logran mantener una alta competitividad basada en la innovación tecnológica, sin realizar en forma sistemática actividades de I+D. Esto se debe a la alta capacitación técnica que reciben tanto los empresarios como los ingenieros en las universidades técnicas y los CEP. Como fuente de *know-how* externo utilizan principalmente la observación de la competencia y sus productos, formas que no incluyen un intercambio directo con otros actores del SNI.

- La información disponible indica que el nivel de externalización de I+D y de cooperación entre diferentes actores del SNI alemán tiende a aumentar. Sin embargo se trata de un proceso incremental que difícilmente se podría interpretar como cambio del paradigma en el proceso innovador industrial.

5. Barreras a la cooperación en I+D

Considerando que existe una serie de razones importantes para que aumente la cooperación en I+D entre los actores del proceso innovador (véase la sección 2), que Alemania cuenta con un SNI muy complejo y que ha madurado a lo largo de muchas décadas, y que la política tecnológica invierte considerables recursos para fomentar la cooperación, las evidencias presentadas revelan un nivel sorprendentemente bajo de interacción entre la empresa privada y otros elementos del SNI. Obviamente existe una serie de obstáculos que impiden que las sinergias se desenvuelvan plenamente. A continuación se definen dos tipos de barreras:

- *Barreras "duras"*: Se pueden dividir en costos de transacción y los riesgos que implica la interacción con otros actores.

- *Barreras "blandas"*: El conjunto de obstáculos socioculturales que influyen en la disposición de los actores, de cooperar con otros.

¹² Los datos del gráfico 4 indican el porcentaje de empresas que en uno o varios momentos ha recurrido a las diferentes fuentes de conocimiento externo; sin embargo, no permiten evaluar en forma cualitativa o cuantitativa la importancia de cada una de ellas.

La cooperación interorganizacional significa para los actores incurrir en *costos específicos de transacción*. Se debe buscar un socio adecuado, evaluar sus capacidades tecnológicas, y negociar y monitorear los términos de la cooperación. Todo esto requiere de la inversión de tiempo y recursos, lo que constituye una barrera especialmente para las Pymes. En la encuesta mencionada del Instituto IFO, 52% de las empresas del oeste de Alemania con una planilla entre 20 y 49 empleados mencionaron los costos de transacción como razón principal para no cooperar con socios externos en la generación de nuevas tecnologías.

Además de incurrir en costos de transacción, las empresas corren *riesgos específicos provenientes de la interacción*. Corren el peligro del fracaso del proyecto compartido o de no poder disfrutar adecuadamente sus resultados, debido a errores a la hora de negociar las condiciones. Otro riesgo, importante en la realidad y aún más en la percepción de muchos empresarios, consiste en la pérdida de conocimiento estratégico a través de la cooperación con otras organizaciones. Según la encuesta mencionada, el peligro del “drenaje” de *know-how* figura entre las principales razones que mencionan las empresas grandes, para no cooperar con agentes externos en la generación de tecnología. Ya en 1985, un estudio de Mansfield (Mansfield, 1985: 217ss) reveló que informaciones clave sobre nuevos productos o procesos se encontraron en manos de al menos algunos de los competidores 12 a 16 meses después que la empresa innovadora hubiera iniciado el desarrollo de la tecnología. Con el acortamiento de los ciclos innovadores, el riesgo para la empresa individual de perder una ventaja decisiva a través del drenaje de conocimiento se agrava.

La cooperación formalizada en I+D le permite a la empresa mantener un control relativamente estricto sobre el flujo de información y conocimiento a través de la preparación y del control de los representantes como *gatekeeper* de la propia organización. Cuando se trata de interacciones informales y concentradas en un territorio delimitado, situación que se presenta en la literatura actual como especialmente apta para estimular la creatividad y la capacidad innovadora colectiva, los riesgos se salen de las posibilidades de control y monitoreo de la empresa.

Von Hippel analizó la cooperación informal entre técnicos de empresas metalúrgicas en los Estados Unidos (Von Hippel 1987: 295). Por un lado encuentra que la mayor parte del intercambio de información tiene un carácter recíproco y de beneficio mutuo, también menciona casos interesantes de los riesgos específicos que conlleva la cooperación entre competidores.

Mientras que cierto nivel de “drenaje” de *know-how* técnico novedoso dentro de redes de actores y SNI tiene un efecto social positivo y se

puede considerar como base de un buen funcionamiento de una sociedad basada en el conocimiento (OECD 1992: 50), la empresa individual necesariamente lo valora como negativo.

Obviamente la disposición de la empresa a buscar la cooperación con otros actores dentro del SNI depende de cómo valora el balance entre el beneficio potencial de esta interacción por un lado, y los costos y riesgos asociados a la cooperación por el otro. Entre los factores que influyen en este balance se pueden nombrar la complejidad de las funciones de la empresa y la importancia de la información estratégica de la propia organización. Y cuanto más complejo el sector en el cual trabaja la empresa, más probable que pueda aprovechar las informaciones obtenidas a través de la cooperación externa (nuevos procesos, ampliación de la gama de productos). Esta correlación podría servir para explicar por qué la cooperación externa es relativamente común en la industria de información y comunicación, cuyo éxito en el mercado depende, en gran medida, de múltiples complementariedades entre diferentes componentes de *hardware* así como entre *hardware* y *software*.

Además de estos factores “duros”, también existen factores “blandos” que pueden obstaculizar la cooperación en I+D. En muchos casos se observa que los actores tienden a sobreestimar la propia capacidad tecnológica, mientras que subestiman la capacidad de sus posibles socios. Una barrera psicológica que se suele encontrar en las Pymes innovadoras es que la búsqueda de conocimiento externo se considera como supuesto reconocimiento del propio fracaso en un área clave del accionar de la empresa. Otro tipo de problema se da en el caso de las empresas grandes de organización vertical. En este tipo de empresas son los ingenieros y los administrativos del nivel medio los que cuentan con la capacidad técnica para buscar socios externos adecuados. Sin embargo, su motivación para relacionarse con otros actores suele ser muy limitada, puesto que sus oportunidades de ascenso dentro de la jerarquía empresarial se ven fomentadas principalmente a través del desarrollo de soluciones técnicas propias y no mediante la incorporación de conocimiento externo.

Cuando se trata de la cooperación entre empresas privadas y universidades públicas de tradición académica se observa otra serie de barreras que, aunque tienen un carácter blando, obstaculizan seriamente el aprovechamiento de ciertas sinergias. Se observan fuertes diferencias en las metas, los incentivos y las estructuras de comunicación (véase, al respecto, el cuadro 1):

- Mientras que la investigación científica tiene como objetivo llegar a conclusiones generales sobre una o pocas variables, y en la mayoría de los casos preve plazos medianos a largos para lograr esta meta, la I+D in-

Cuadro 1. Metas, incentivos y estructuras de comunicación en la investigación industrial y académica

	I+D industrial	Investigación académica
Objeto del estudio	Conocimiento funcional y específico sobre una multitud de variables	Conocimiento generalizado sobre pocos variables
Plazos	Solución a corto plazo	Perspectiva de mediano a largo plazo
Incentivos	<p>Interés en conocimientos aplicados en la práctica</p> <p>Oportunidades de ascenso mediante el propio desarrollo de soluciones, no a través de la incorporación de <i>know-how</i> externo</p> <p>Patentes como medida del éxito</p>	<p>Muchos méritos de descubrimientos en la investigación básica, poco prestigio de investigación aplicada</p> <p>Publicaciones como medida del éxito</p>
Interacción social	Comunicación y toma de decisión, jerárquicas y formalizadas	Comunicación horizontal y abierta

dustrial tiene como propósito desarrollar soluciones técnicas concretas en un plazo breve, lo que requiere de informaciones sobre una multitud de variables. En consecuencia, se vuelve difícil identificar proyectos de I+D que resulten interesantes para ambas partes.

- Como actores de la cooperación, se enfrentan técnicos de empresas que generalmente tienen poca motivación para buscar socios externos, con científicos cuyos méritos académicos aumentan con la obtención de resultados en investigación básica y no tanto en la investigación aplicada. De tal modo los actores claves en ambos lados del SNI tienen pocos incentivos para llegar a una cooperación en I+D.

- El éxito de la I+D industrial se mide en el número de los patentes otorgados, mientras que el de la investigación científica en la pronta publicación de descubrimientos novedosos. Esto crea en la práctica una serie de conflictos difíciles de resolver.

- Además, ambos subsistemas del SNI cuentan con diferentes sistemas de comunicación y de toma de decisiones, jerárquica y formalizada en la I+D industrial, y abierta y horizontal en la comunidad académica. Como resultado de estas diferencias se observan malentendidos y perjuicios entre actores de ambas partes.

6. Perspectivas y conclusiones

Hasta hoy, Alemania dispone de uno de los SNI más efectivos de los países de la OCDE. Así por ejemplo, entre 1980 y 1995 se otorgaron alrededor de 109 mil patentes para el mercado de los Estados Unidos a inventores alemanes, frente a 41 mil para inventores franceses y 40 mil para inventores británicos (OECD, 1998: 291). En cuanto a algunos productos de consumo importantes (automóviles) y bienes de equipo (maquinaria de alto contenido tecnológico) Alemania mantiene una posición muy fuerte en el mercado mundial.

Las principales fortalezas del SNI alemán siguen siendo un sector privado altamente comprometido con la innovación tecnológica, una educación técnica diferenciada y de alto nivel, así como instituciones de investigación aplicada que abastecen a través de diferentes vías a la empresa privada con nuevos conocimientos. Las interacciones entre estos tres pilares son, en algunos casos (como el de las universidades técnicas), resultado de un largo proceso histórico de diferenciación institucional y de ajustes mutuos entre los diferentes elementos del SNI.¹³ En otros casos las que llenaron algunos vacíos dentro del SNI alemán fueron decisiones específicas de la política tecnológica más reciente. Cabe mencionar en este contexto el establecimiento de un sistema de educación técnica parauniversitaria (los CEP, véase sección 3.2) y el establecimiento de instituciones semiprivadas de investigación por contrato y de transferencia de tecnología (la FhG, Fundación Steinbeis).

El SNI alemán todavía es altamente funcional para la producción de bienes complejos y competitivos en el mercado mundial. Sigue sin resolverse el reto de reformar y transformar este conjunto de instituciones públicas y privadas para enfrentar la transformación hacia la "sociedad de la información y el conocimiento". Las deficiencias de Alemania en este contexto, principalmente un sector de servicios modernos poco desarrollado y una baja "tasa de natalidad" de empresas de base científica-tecnológica, son preocupantes.

De manera contraria a lo que se podría esperar en un SNI complejo y maduro, los datos arriba discutidos indican que la cooperación en I+D entre actores de diferentes organizaciones no es un fenómeno generalizado en Alemania, ni constituye una precondition indispensable para la competitividad de las empresas. Partiendo de esta conclusión se analizaron barreras a la cooperación, que se pueden resumir de la siguiente manera:

¹³ Nelson, en sus trabajos mas recientes, le da especial importancia a la interacción entre tecnología, estructura industrial e instituciones acompañantes. Ver Nelson, 1998.

- Puede ser perfectamente racional, desde la lógica objetiva de la empresa particular, el no cooperar con otros actores del SNI. El beneficio social de la cooperación en I+D es mayor al beneficio privado de la empresa particular.
- Existen obstáculos, relacionados con la percepción individual del empresario o de otros actores involucrados, que hacen que aun cuando exista la posibilidad de aumentar el éxito empresarial a través de la cooperación, este potencial no se aproveche.

El primer aspecto significa que le compete al estado inducir sinergias técnicamente viables y socialmente deseables que no se desenvuelven espontáneamente (en base al análisis de los costos y beneficios de la empresa privada). Por otro lado, ambos aspectos mencionados indican que cualquier esfuerzo en este sentido tiene que partir de los intereses objetivos y la percepción de los actores involucrados.

Considerando además la capacidad limitada del estado para evaluar los aspectos técnicos y económicos de la cooperación, la forma más prometedora de fomentar las sinergias dentro de un SNI consiste en instrumentos indirectos que incentivan la cooperación en I+D, mientras que dejan a cargo de los actores privados cualquier decisión respecto de con quién, en qué aspectos y bajo qué condiciones se coopera. Las experiencias de Alemania indican¹⁴ que un subsidio financiero puede ayudar a romper algunas de las barreras que obstaculizan la cooperación entre diferentes actores del SNI. Al mismo tiempo hay que constatar que los efectos de los instrumentos indirectos son limitados (por lo menos a corto plazo), mientras que los costos fiscales son elevados. Las primeras experiencias con este tipo de instrumentos indican que, mediante la celebración de concursos con anterioridad a cualquier flujo de recursos públicos, se podrá aumentar el retorno social de los gastos fiscales en el fomento tecnológico.

Obviamente, la formación de redes entre los actores del SNI no es una panacea para resolver deficiencias en su funcionamiento. A la hora de explotar las experiencias de Alemania para la definición de políticas tecnológicas en otros países, habría que analizar si la falta de cooperación en I+D efectivamente constituye el principal cuello de botella del proceso innovador, de tal modo que removerlo merece la dedicación de considerables recursos públicos. En muchas sociedades semi-industrializadas, los SNI demuestran otros vacíos que requieren de una atención prioritaria, como la falta de empresas comprometidas con la innovación y un deficiente siste-

¹⁴ Véase la información sobre el programa "Forschungskooperation" en la sección 3.2.2.

ma de capacitación técnica. A la hora de atender estos problemas, estudiar los aciertos y desaciertos del SNI alemán puede ayudar a optimizar la asignación de los recursos disponibles al fomento tecnológico.

Bibliografía

- Bullinger, H. *et al.* (1998), "Concurrent Simultaneous Engineering (CSE) – New Orientation in Product development", 1st International Symposium on Concurrent Multidisciplinary Engineering (CME). Proceedings, Bremen, Hochschule Bremen.
- Dörsam, P. e Icks, A. (1997), "Vom Einzelunternehmen zum regionalen Netzwerk: Eine Option für mittelständische Unternehmen", *Schriften des Instituts für Mittelstandsforschung Bonn*, No. 75. Stuttgart.
- Hippel, E. von (1987), "Cooperation Between Rivals: Informal Know-how Trading", *Research Policy*, Nº 16: 291-302.
- Keck, O. (1993), "The National System for Technical Innovation in Germany", en Nelson (ed.), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*, New York, Oxford, pp. 115–157.
- Mansfield, E. (1985), "How Rapidly Does New Industrial Technology Leak Out?", en *The Journal of Industrial Economics*, Nº. 34, Vol. 2: 217-223.
- Nelson, R. y Sidney, W. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, London.
- Nelson, R. (Hrsg.) (1993), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*, New York, Oxford.
- (1998), "The Co-Evolution of Technology, Industrial Structure and Supporting Institutions", en Dosi, G; Teece, D. y Chytry, J. (eds.), *Technology, Organization and Competitiveness. Perspectives on Industrial and Corporate Change*, Oxford, 319-336.
- OECD (1992), *Technology and the Economy, The Key Relationships*, Paris.
- (1998), *Science, Technology and Industry Outlook*, Paris.
- Reinhard, M. y Schmalholz, H. (1996), "Technologietransfer in Deutschland. Stand und Reformbedarf", *Schriftenreihe des ifo-Institutes*, No. 140, München.
- Stamm, A. (1999), "Wirtschaftsnahes Technologiemanagement - Erfahrungen aus Deutschland und Implikationen für die fortgeschrittenen Länder Lateinamerikas", Instituto Alemán de Desarrollo, Berlín. □

La modernización de la ciencia en México. El caso de los astrónomos, Jorge Bartolucci, México, Universidad Nacional Autónoma de México/Centro de Estudios sobre la Universidad/ Plaza y Valdés Editores, 2000, 324 páginas

El libro de Jorge Bartolucci apuesta a superar la dicotomía entre el carácter universal del conocimiento científico y la naturaleza contextual de toda actividad científica. En este sentido, uno se podría preguntar ¿cómo explicar el proceso de institucionalización y profesionalización de una disciplina científica manteniendo el equilibrio entre los aspectos internos y externos a las prácticas científicas? Más aún, atendiendo a los condicionamientos de contexto presentes en un país como México.

El autor propone establecer conexiones de sentido entre los diferentes factores (sociales, económicos, políticos y cognitivos) y la forma en que se articulan en diferentes individuos, grupos e instituciones. Esto lo conduce a afirmar que ninguno de estos factores es de por sí más determinante que los otros, sino que todos se combinan de distinta manera de acuerdo a las diferencias individuales y las circunstancias históricas.

Bartolucci despliega este abordaje analítico para dar cuenta del proceso que posibilitó el pasaje de la astronomía de posiciones (basada en la observación de la posición de los cuerpos en el espacio) a la moderna astrofísica (desde 1840 hasta el presente), a través de la reconstrucción de la forma en que tal proceso fue concebido y representando por los propios participantes. Las concepciones que mantenían los actores y la forma en que se representaban los diferentes escenarios en el que operaban, le permiten al autor describir las limitaciones y posibilidades que los propios protagonistas percibieron como parte de su realidad inmediata. Es decir, Bartolucci entiende que el proceso estuvo moldeado por la forma en que los actores fueron definiendo su participación de acuerdo a la valoración particular de las condiciones (sociales, políticas y cognitivas) que los afectaban.

En la reconstrucción de este proceso se destaca que, entre 1842 y 1948, todas las iniciativas vinculadas al establecimiento de la astronomía en México provinieron de funcionarios gubernamentales que tenían alguna afición por la astronomía. De esta forma, desde la creación del Observatorio Astronómico Nacional, durante el porfiriato, y en su posterior despliegue histórico, esta institución estuvo limitada por la inserción al proyecto internacional de confección de la Carta del Cielo y la identificación intelectual de los astrónomos de la época con el liderazgo científico europeo, en momentos en que la astronomía estadounidense se perfilaba co-

mo el nuevo centro astronómico mundial. Y, por otra parte, el interés gubernamental en construir un observatorio radicaba más bien en poder establecer un símbolo del progreso vivido por México.

En un contexto de baja valoración de la práctica científica y de inestabilidad política, producto de la revolución mexicana de 1910, y dada la continua escasez de recursos, parecía para los actores de la época más efectivo adquirir instrumentos que crear las condiciones propicias para desarrollar una actividad científica regular (existía cierta creencia en la cual bastaba con contar con buenos instrumentos de observación para generar una masa crítica y desarrollar investigaciones en forma sistemática). Asimismo, el compromiso asumido por el Observatorio Nacional en el proyecto de Carta del Cielo, limitó el trabajo astronómico a tareas de medición de posiciones de cuerpos, sin poder vislumbrar el despliegue conceptual que proponía la naciente astrofísica, percibida en ese momento como una práctica especulativa.

Para el autor, las cambiantes condiciones políticas a finales de la década del cuarenta —ya sea en el nivel interno, por el proceso de consolidación del Estado Postrevolucionario y, en el nivel externo, por el lugar estratégico que ocupaba México para Estados Unidos en la segunda guerra mundial— propiciaron el vínculo de astrónomos mexicanos y estadounidenses, dando lugar a la creación del Observatorio Astrofísico de Tonantzintla. Sin embargo, fue la articulación de un conjunto de elementos circunstanciales lo que permitió la formación de una escuela de astrónomos en México: la negativa de la universidad a fundar un nuevo Observatorio; el giro de las relaciones norteamericanas que se volcaron a apoyar la formación de jóvenes investigadores antes que la adquisición de equipos y el establecimiento de un vínculo entre los dos observatorios antes mencionados. Esto permitió que durante un plazo de diez años, se fuera formando una camada de jóvenes astrofísicos integrados a la comunidad científica internacional. El trabajo de los astrónomos mexicanos desde la década del cincuenta en adelante alcanzó una elevada relevancia externa, ya sea por el índice de publicaciones y citaciones, como por el reconocimiento externo concedido, en particular, al *fundador* de la moderna escuela de astrofísicos mexicanos: Guillermo Haro.

Lo más destacable del trabajo es la forma en que los diferentes escenarios implicados, y el modo que asumieron las diferentes intervenciones de los protagonistas, configuran diferentes relaciones entre los recursos intelectuales y tecnológicos que afectaron la tipo de trabajos de observación y medición astronómica. Así, hasta finales de la década del cuarenta, México pudo contar en diferentes momentos ya sea con equipos o un observatorio que técnicamente eran equiparables a los existentes en

otros países. Sin embargo, aquellos que llevaban la práctica, con excepción de contados casos, eran astrónomos por vocación debido, a la inexistencia de una carrera de astronomía en el país.

Esta relación se equilibró durante el desempeño de Haro como investigador del Observatorio de Tonantzintla, período de diez años de alta productividad académica en México. Al mismo tiempo, durante este período, el accionar de Haro y otros astrónomos priorizó la formación sistemática de investigadores antes que la adquisición de equipos. Esto respondió a limitaciones de la época que impidieron la concreción del proyecto de crear un nuevo observatorio bajo la órbita de la UNAM, lo que obligó a que los recursos inicialmente obtenidos para dicho fin se redireccionaran a un nuevo destino: becas para realizar doctorados en el exterior, principalmente Estados Unidos.

A partir de finales de la década del sesenta, la relación entre recursos técnicos e intelectuales volvió a desequilibrarse. A diferencia de lo ocurrido hasta la creación del Observatorio de Tonantzintla, a partir de la década del setenta existe un creciente número de astrónomos formados en centros de primer orden que retornan a un medio de trabajo que manifiesta una creciente desactualización técnica que afecta el tipo de investigación que podían emprenderse. Esto condujo a la formulación de diferentes proyectos de actualización del equipamiento: la construcción de un nuevo observatorio en Baja California y, en la década del ochenta, el desarrollo de equipos de medición (por ejemplo el detector Mepsicron).

También resulta interesante el tratamiento que hace el autor sobre las posiciones ideológicas de los principales protagonistas. Este se expresó fundamentalmente a través de un marcado nacionalismo, que trajo aparejada la negativa recurrente a contratar investigadores externos en una primera etapa, y a promover la construcción de equipos de medición y lentes de observación en México, en una segunda etapa.

Bartolucci logra a lo largo de su trabajo responder a su propuesta analítica, es decir, reconstruir el proceso histórico a través del modo en que los actores fueron definiendo su participación de acuerdo a la valoración particular de las condiciones que los afectaban. Al mismo tiempo, logra establecer un delicado equilibrio entre los factores internos y externos en las diferentes fases del proceso, aunque no se adentre en la producción científica particular de los astrónomos que protagonizaron el proceso.

Si bien el trabajo de Jorge Bartolucci puede catalogarse dentro de los Estudios Sociales de la Ciencia en América Latina, el enfoque propuesto no utiliza de forma explícita herramientas analíticas de dicho campo de estudios o de la sociología de la ciencia. Este autor recurre al enfoque analítico de la visión sociológica subjetivista de Schutz, lo cual le permite

tomar distancia y reposicionarse respecto de la disputa entre los enfoques internalistas y externalistas. Al mismo tiempo, el autor se define a favor de una interpretación que permita elucidar el desarrollo de la ciencia como un proceso cultural peculiar e identificar los factores internos y externos que lo impulsan y reproducen. □

Manuel Lugones

La revolución científica. Una interpretación alternativa, Steven Shapin, Barcelona, Paidós, 2000, 280 páginas

“La Revolución científica nunca existió, y este libro trata de ella”. Con esta oración comienza *La revolución científica*, y allí se resume una paradoja que caracteriza el propósito del libro. La paradoja tiene que ver con lo siguiente: en la medida en que Shapin escribe un libro sobre un tema muy caro a la historiografía “clásica” de la ciencia (la “Revolución científica”, ¿hace falta aclarar de los siglos XVI y XVII?) parece estar de acuerdo sobre su importancia; no obstante ello, uno de sus argumentos principales consiste en que, efectivamente, la “Revolución científica” es más un invento de los historiadores del siglo XX (vale decir, de la historiografía “clásica”) que un acontecimiento de los siglos XVI y XVII. De ahí su insistencia en que la expresión “Revolución científica” —en tanto que cambio radical, más o menos coherente y homogéneo de la historia cultural europea— oscurece más de lo que aclara. Señala, además, que las últimas generaciones de historiadores ya no parecen estar satisfechos con esta idea. Según Shapin, muchos descreen que los cambios introducidos en las creencias y prácticas científicas de esos dos siglos fueran tan “revolucionarios” como solían presentarse anteriormente. Incluso, las nuevas descripciones ofrecen un panorama mucho más heterogéneo y plagado de contrasentidos y conflictos entre quienes alentaban superar el aristotelismo y la cosmología medieval.

Sin embargo, Shapin menciona que hay un sentido en que es legítimo denominar “Revolución científica” a lo que sucedió en estos dos siglos. Cuenta que muchas figuras claves de la época manifestaron su convicción de estar planteando importantes cambios en el conocimiento de la naturaleza y en la forma de obtener dicho conocimiento. Estas figuras se auto-percibían como creadores de un modo de pensamiento “moderno”, en

oposición a los “antiguos” modos de indagación. Ellos habrían percibido que importantes cambios se estaban gestando en el tipo de conocimiento que se tenía del mundo y en la forma de obtenerlo, independientemente de lo que la historiografía “clásica” de la ciencia haya interpretado sobre esta época.

Así, la paradoja de dedicar un libro a un objeto de estudio del que se duda sobre su misma existencia (en el sentido en que la historiografía “clásica” lo ha definido), pero del que, al mismo tiempo, se admiten ciertos indicios de su existencia (a través de una renovada investigación de esta época) se refleja en dos cuestiones principales que animan al texto: en el intento por desmitificar la idea más difundida sobre este período de la historia (diciendo que no sirve creer que hay algo así como una esencia de la “Revolución científica”, o que tampoco ayuda a entender lo que sucedió durante estos dos siglos si se lo piensa como un proceso coherente y homogéneo); y en la descripción de ciertos aspectos menos conocidos de la cultura científica europea de los siglos XVI y XVII. En suma, las partes que en un principio señalaban una paradoja (la negación y la afirmación simultáneas de la “Revolución científica”), luego se develan como dos diferentes niveles de análisis del autor. El primero de ellos remite a una reflexión sobre la historiografía de la ciencia. Y el segundo, a una descripción (revisada) del proceso de cambio en la cultura europea de los siglos XVI y XVII.

Esto que decimos resulta de una interpretación del trabajo, dado que en el libro las reflexiones de mayor nivel interpretativo y las descripciones más históricas aparecen entremezcladas a lo largo de los tres capítulos principales que (junto a la introducción y un muy interesante y útil ensayo bibliográfico) componen el libro. Ya en los mismos títulos de los capítulos se anuncia algo respecto del modo en que entiende la ciencia el autor: 1. ¿Qué se sabía?; 2. ¿Cómo se adquiría el conocimiento?; y 3. ¿Para qué servía el conocimiento? Shapin —en sintonía con lo que desde hace varios años se ha venido planteando desde los así llamados *estudios sociales de la ciencia*¹ no restringe el examen de la ciencia al conocimiento, además la concibe como una actividad *históricamente situada*, “como una práctica colectiva que se desarrolla en un momento histórico determinado”. Para resaltar su esfuerzo por evitar cualquier tentación reduccionista destaca: “si la ciencia se debe comprender en su situación histórica y en su aspecto colectivo, [...] esta comprensión debería abarcar todos los aspectos de

¹ Puede percibirse en qué sentido muy distintos enfoques dentro de los estudios sociales de la ciencia coinciden en la consideración de la “ciencia” como actividad social y como práctica en *Science as Practice and Culture* (1992), Pickering, A. (editor), Chicago, The University of Chicago Press.

la ciencia, tanto sus ideas y prácticas como sus formas institucionales y sus usos sociales". Esto explica su interés por mostrar el tipo de conocimiento que se tenía, pero a su vez, de qué manera formaba parte de las instituciones y de las luchas de la época, y cómo se conseguía (es decir, qué tipo de actividades y prácticas estaban involucradas en la generación de este conocimiento).

Shapin reconoce en su libro un sesgo hacia las ciencias empíricas y experimentales y hacia los temas ingleses. Justifica esta inclinación en parte por poseer un mayor conocimiento sobre los mismos, y por otro lado, por considerar que las historias "clásicas" de la "Revolución científica" han tendido a privilegiar excesivamente la física matemática y los contextos continentales. En este sentido es que el libro ofrece una imagen algo distinta de las más conocidas sobre la "Revolución científica", porque si bien no ignora en absoluto la impronta mecanicista de muchos de los protagonistas de este proceso, ni desmerece la importancia de la incorporación de las matemáticas en las transformaciones de la filosofía natural europea del siglo XVII, pone la lupa sobre ciertos personajes de esos años que no habían sido bien estudiados hasta ahora, según Shapin (son los casos de Boyle y Bacon). Retomando puntos más profundamente tratados en su anterior libro (escrito junto a Simon Schaffer), *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*, indaga en los diferentes niveles en que se producen rupturas y continuidades con la cosmología ptolemaica, con el aristotelismo medieval y con el legado de la antigüedad (que no siempre coincidían). En efecto, Shapin intenta destacar que en este período no todo es ruptura con el pasado, y que las transformaciones habidas llevaban diferentes direcciones y contaban con muy diversos motivos e influencias; de ahí que no ayude a comprender lo que sucedió por entonces si a estos muy diversos procesos los llamamos de un mismo modo ("Revolución científica"). (Esto queda claro para el autor especialmente al comparar las diferentes concepciones y motivaciones de distintos pensadores; por ejemplo, Hobbes, Boyle y Descartes).

Respecto a los planteos que más avanzan hacia una reflexión sobre la concepción de ciencia que (generalmente) ha estado utilizando la historiografía "clásica", Shapin señala un punto que es de lo más agudo de su libro. Tal como señalé más arriba, el enfoque con el que se propone abordar el estudio de la ciencia busca integrar los aspectos culturales, cognitivos, políticos e institucionales por igual. Ahora bien, esto implica apartarse de una distinción que ha sido más o menos constante en la historiografía "clásica": la separación —como si se tratara de dos entidades de diferente naturaleza— entre la ciencia y sociedad (o la ciencia, y lo social). Shapin afirma que contrariamente, él se propone no sólo abandonar esa distinción

sino también rastrear en lo sucedido durante los siglos XVI y XVII en Europa la génesis de esta concepción de la ciencia que fue heredada por la historiografía “clásica”. Así, esboza la sugestiva hipótesis acerca de que la separación de la ciencia de lo social surge en aquellos años a raíz de la necesidad de recomponer el orden social puesto en cuestión tras el cisma religioso y el cuestionamiento de la autoridad papal, por un lado, y de las constantes novedades que llegaban del Nuevo Mundo y que ponían en cuestión la confianza en lo que se creía por entonces sobre los límites del mundo, por el otro lado. En este sentido, para Shapin, el estudio de este período de cambios de la historia de la cultura occidental más que basarse en un interés por conocer el pasado, parte de un interés por comprendernos a nosotros mismos.

El libro cierra con un completísimo ensayo bibliográfico sobre los distintos estudios realizados acerca de la “Revolución científica”, organizados según trataran sobre disciplinas, la vida de científicos, o las instituciones de la época.

Para terminar, consideramos al libro sumamente interesante por sus aportes a la comprensión de ese proceso antes llamado “Revolución científica”; pero también nos resultaron muy valiosas sus reflexiones sobre los efectos de este proceso en nuestra presente idea de ciencia. Una cosa más: el libro está escrito en un lenguaje muy accesible porque fue pensado para fines pedagógicos. A nuestro juicio el objetivo fue logrado. □

Mariano Bargeró

Arqueología de la educación. Textos, indicios, monumentos, Irina Podgorny, Buenos Aires, Sociedad Argentina de Antropología, 1999, 222 páginas

Resulta un fenómeno habitualmente reconocido que la circulación de conocimientos producidos por las disciplinas científicas en ámbitos ajenos en principio a las mismas, supone una transformación sustancial de los significados. Es así por ejemplo como se plantean algunos de los problemas más graves que debe enfrentar la llamada divulgación científica, dado el proceso de resignificación que se produce entre la producción de conocimientos y su asimilación por una población en principio no socializada en los criterios que rigen a las comunidades científicas. Un fenómeno equivalente se produce en

el orden de la educación, donde la transmisión de conocimientos originados en la práctica científica deriva las más de las veces en una asimilación fragmentaria y pasiva de un conocimiento tomado por verdadero.

De tal modo la circulación del conocimiento científico en las sociedades contemporáneas adquiere un carácter complejo que, más allá de los lamentos que pueda suscitar, deriva por sí mismo en un campo de estudio por derecho propio. El trabajo que aquí se comenta se inscribe tal vez en este campo, constituyendo un análisis de los procesos por los cuales la arqueología, y la imagen de las culturas indígenas que la misma ha contribuido a formar, han ocupado un lugar dentro de la enseñanza primaria. Pero ello no se realiza a partir del supuesto que establece una relación de causalidad entre la producción del conocimiento arqueológico y la transmisión de ese conocimiento a la enseñanza, sino para determinar "ciertos presupuestos, representaciones y categorías que atraviesan los límites en los que hoy están encuadrados los campos educativos y científicos". Se busca con ello cuestionar "la distinción contemporánea entre investigación científica y educación", bajo la doble sospecha de que tal distinción enmascara el fenómeno de la socialización de los investigadores y la estrecha vinculación que tuvieron investigación y ciencia en el proceso de organización del estado nacional argentino.

El trabajo de Podgorny constituye la publicación parcial de su tesis de doctorado, presentada en 1993 en la Universidad Nacional de La Plata. Si bien dicha tesis cuenta con tres instancias (la producción de conocimiento arqueológico, el análisis de contenido de los manuales para la enseñanza y la práctica cotidiana en las escuelas primarias), el trabajo editado incluye solamente las dos primeras partes del estudio original.

La primera parte del libro constituye un análisis del modo en que es considerada la arqueología y la cuestión indígena en los distintos currícula establecidos en la enseñanza primaria de la provincia de Buenos Aires entre 1975 y la fecha en que se realizó la investigación (finales de los años ochenta), así como un análisis de los modos en que los contenidos programáticos de los currícula son ejecutados concretamente en la práctica cotidiana de una escuela del Gran Buenos Aires. Para esta segunda dimensión del análisis la autora realizó un estudio de carácter etnográfico, así como distintas encuestas y entrevistas. De tal modo, se indican las transformaciones que han sufrido las políticas de enseñanza de las ciencias humanas dentro de la escuela primaria y la integración parcial de las culturas indígenas en la representación que de la Nación se estimula desde las instancias gubernamentales, especialmente desde el momento en que, con el restablecimiento del régimen democrático en 1983, se intentó dar cuenta en la enseñanza de la diversidad étnica y cultural de la Argentina.

Las buenas intenciones no son siempre coronadas con el éxito. La irrelevancia que muchas veces posee el currículum en la práctica cotidiana de la enseñanza es especialmente puesta de manifiesto a través de las entrevistas y observaciones desarrolladas por la autora, y que componen lo fundamental de esta primera parte del trabajo. La imagen del “indio” que poseen los alumnos es derivada mucho más de representaciones generales que circulan en su medio social que de los esfuerzos imaginarios de las instancias políticas. De hecho, las contradicciones subsisten en el mismo diseño de estas políticas, articulando un difícil y delicado compromiso entre la búsqueda de una integración del “otro” (el indio) y el reconocimiento más que problemático de que ese “otro” es parte del “nosotros”.

La segunda parte del libro está orientada al análisis de los manuales de historia que dan cuenta en principio del contenido de aquello que la enseñanza primaria transmitirá, aquello que se dirá sobre las culturas indígenas. El eje del trabajo estará centrado de tal modo en un sumario de las imágenes que acerca de los indígenas se han transmitido a lo largo de un siglo en la escuela primaria. Los problemas del indio bueno/malo, peligroso/inofensivo, miembro de la comunidad nacional/ajeno a ella parecen depender más de una función contingente (los autores, las editoriales) que a una transformación histórica que respondiera a algún tipo de patrón causal más profundo. Es de señalar en este sentido la dificultad para encontrar una imagen del conjunto, caracterizándose esta segunda parte por una marcada desagregación interna.

De tal modo el análisis de los manuales complementa la investigación iniciada con el análisis de los currículum de 1975, 1980 y 1986 y la práctica de enseñanza concreta relevada a través de las encuestas y las observaciones realizadas en 1989.

Si bien la articulación lógica de estos dos planos de análisis resulta en principio coherente (más con la inclusión de la instancia productora del conocimiento, que no se publica en el libro), llama la atención un comentario de la autora, quien afirma que “esta diversidad de registros no suponía una relación de causalidad ni de determinación entre ellos”. Tal como lo hemos señalado anteriormente, razones de índole metodológica desvinculan los planos de análisis, produciendo al menos hasta cierto punto, una desarticulación del objeto de investigación. En efecto, cabe preguntarse si la ausencia de una discusión explícita acerca de la articulación entre la instancia de los manuales y la práctica pedagógica concreta (que es como lo señala la autora, producto parcial de los distintos periodos que abarca la investigación) no transforma al trabajo en dos trabajos distintos laxamente articulados entre sí. Este problema a nuestro juicio se ve reafirmado por la diversidad de contenidos ideológicos que transmiten los ma-

nuales por una parte (donde se manifiesta una marcada dificultad para hablar de sus contenidos de manera genérica), y la relativa coherencia que se pone de manifiesto en las imágenes que acerca de los indios y el trabajo arqueológico poseen docentes y alumnos. Sin embargo, la explicación tal vez radique menos en el plano teórico y metodológico del trabajo como en los efectivos resultados de la investigación: la homogeneidad y unidad de sentido, en todos los planos de análisis, brilla por su ausencia.

En esta dirección, por ejemplo, la desvinculación de las editoriales respecto al mundo de la arqueología y la antropología (que la autora sitúa hacia 1940), estructura dos historicidades paralelas. La ausencia de un patrón homogéneo en las imágenes que poseen docentes y alumnos acerca de los indígenas en el momento del estudio etnográfico (1989), acentúa esta sensación de una pluralización de los significados a los cuales no resulta sencillo reconocer límites definidos. El poder político, aun cuando desee orientar la enseñanza, pareciera quedar colapsado en la práctica. Los contenidos transmitidos parecieran depender mucho más de funciones contextuales (en especial las características personales de los docentes o la presencia contingente de un programa de televisión) que de expresiones o políticas bien intencionadas que intentan establecer una concepción de la Argentina como una nación "pluricultural". Las transcripciones de clases sobre los aztecas, mayas e incas, o sobre Colón y los indios, hacen recordar básicamente a ciertos temas musicales de los Les Luthiers, muy lejos de cualquier programa sofisticado que pueda haber sido imaginariamente diseñado por un funcionario con ideas progresistas.

Y es que en definitiva, podría decirse que la principal conclusión que se puede derivar de este libro es la ausencia de toda articulación que de unidad de sentido a las representaciones que circulan sobre las culturas indígenas, al menos dentro de la escuela primaria. Más allá de las imágenes folklóricas, o tal vez en parte debido a ellas, los indígenas constituyen un cuerpo fundamentalmente extraño a los modos de autopercepción que la Argentina oficial da de sí misma. Lo cual, en verdad, no es algo particularmente sorprendente si se considera la profunda distancia que posee la conformación histórica de la Argentina frente a otras sociedades latinoamericanas como Perú o México (sino en los "hechos", al menos en el sistema de imágenes que la sociedad posee de sí misma). □

Alfonso Buch

- El OST (Observatorio de la Ciencia y la Tecnología) realiza un llamado para presentar trabajos para la conferencia sobre el impacto de las relaciones de cooperación sobre la investigación universitaria. El evento tendrá lugar en otoño (boreal) de 2001 en la ciudad de Montreal. Para mayor información dirigirse a: http://www.ost.qc.ca/OST/HTML/Nouvelles/Conf_Parteneriat.htm
- El Planetario "Galileo Galilei", de la Ciudad de Buenos Aires invita al ciclo de café científico, a realizarse una vez por mes durante el año 2001. El encuentro, inspirado en experiencias realizadas durante largos años en diversos países, propone un acercamiento informal a la ciencia, a través de charlas dadas por distintos científicos y la participación activa del público. El lugar de reunión es el Café de La Casona del Teatro (Avda. Corrientes 1979, Buenos Aires), a las 18:30 horas de los terceros martes de cada mes. Para mayor información y consultar la programación dirigirse a www.buenosaires.gov.ar
- La Sociedad Argentina de Información (SAI) invita a participar del simposio electrónico "Las revistas electrónicas: Preguntándonos en presente sobre la memoria del futuro", que se realizará en el mes de junio de 2001. Las condiciones para la presentación de trabajos, temas y datos adicionales pueden obtenerse del sitio web de la SAI: <http://www.sai.com.ar>. La inscripción se realizará a partir del mes de mayo de 2001. Para más información escribir a: sai@ssdnet.com.ar
- La Red Nacional de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología de Cuba convoca al II Evento Internacional en el campo CTS. El encuentro tendrá como sede la Universidad de Matanzas (Ciudad de Matanzas) y se desarrollará entre los días 21 y 25 de noviembre de 2001. Para mayor información es necesario dirigirse a Fernando Castro Sánchez: fcastro@atenas.inf.cu
- Entre los días 10 y 14 de setiembre tendrá lugar el Simposio Argentino de Informática y Derecho (SID 2001), como parte de las XXX Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa. La sede es la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, Paseo Colón 850, Ciudad de Buenos Aires. Para más información dirigirse a: <http://www.cpacf.org.ar/sid2001>
- La Universidad Nacional de Córdoba invita a las XII Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia, a realizarse en la ciudad de La Falda, Córdoba, Argentina, entre el 13 y 15 de septiembre de 2001. Los trabajos se recibirán hasta el 15 de mayo de 2001; y deben ser enviados preferentemente por *e-mail* a ejorn@ffyh.unc.edu.ar o al Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades, Pabellón Agustín Tosco, Ciudad Universitaria (5000) Córdoba. Fax: 0351-4334061, interno 102. Email: ejorn@ffyh.unc.edu.ar

- Del 15 al 18 de octubre de 2001 tendrá lugar en Montevideo el V Taller Iberoamericano e Interamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología, organizado por la RICYT (Red de Indicadores en Ciencia y Tecnología Iberoamericana/Interamericana). Dicho taller tiene como objetivo realizar una amplia discusión de los temas más importantes de la agenda de los indicadores de ciencia, tecnología e innovación en el contexto regional, así como facilitar el intercambio de experiencias entre los distintos actores, nacionales e internacionales, vinculados a la producción y el análisis de información estadística y la producción de indicadores. La fecha límite para la presentación de resúmenes de ponencia o póster es el 30 de abril de 2001. Los trabajos deberán ser enviados por *e-mail* a ricyt@ricyt.edu.ar. Para más información, visitar www.ricyt.edu.ar

- La RICYT también organiza, en forma conjunta con el Observatório das Ciências e das Tecnologias (OCT) de Portugal, el Primer Seminario sobre Indicadores de la Sociedad de la Información y Cultura Científica, con el fin de dar inicio a un proceso de reflexión metodológica que conduzca hacia el desarrollo de indicadores de la sociedad de la información para Iberoamérica. Asimismo, se espera que este encuentro sirva para iniciar la cooperación con grupos de Latinoamérica que estén ya en este camino y puedan aportar su experiencia y sus conocimientos en el área. El encuentro se llevará a cabo los días 25, 26 y 27 de junio de 2001 en el Centro Científico e Cultural de Macau, de la ciudad de Lisboa. Para más datos contactar a Gustavo Arber / Claudio Alfaraz (ricyt@ricyt.edu.ar) o Isabel Gonçalves (igoncalves@oct.mct.pt)

- Entre el 17 y 19 de octubre de 2001, en San José de Costa Rica, tendrá lugar el IX Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica – ALTEC 2001, bajo el título “Innovación tecnológica en la economía del conocimiento”. El congreso está organizado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), bajo la responsabilidad del Ing. Ricardo Aguilar, Vicerrector de Investigaciones y Miembro de la Junta Directiva de ALTEC. Para mayor información, dirigirse a <http://www.altec-web.org/altec2001/index.html>

- Se ha lanzado el primer llamado para la presentación de ponencias para el II Congreso Mundial de Redes Ciudadanas “Renovando comunidades en la era digital”, Organizado por Global Community Networks 2001. El encuentro tendrá sede en la ciudad de Buenos Aires, del 5 al 7 de diciembre de 2001. Los interesados deben contactarse a propuestas@globalcn2001.org, o bien acceder a www.globalcn2001.org □

