

REDES 29

revista de estudios sociales de la ciencia

REDES

*Revista de estudios sociales
de la ciencia*

Vol. 15, Nº 29, Buenos Aires,
mayo de 2009

Director

Pablo Kreimer

Editores Asociados

Rosalba Casas (UNAM, México)
Renato Dagnino (UNICAMP, Brasil)
Diana Obregón (UNAL, Colombia)
Hernán Thomas (UNQ, Argentina)
Hebe Vessuri (IVIC, Venezuela)

Consejo Científico Asesor

Antonio Arellano (Universidad Autónoma
del Estado de México)
Rigas Arvanitis (IRD, Francia)
Mariela Bianco (Universidad de la
República, Uruguay)
Wiebe E. Bijker (Universidad de Maastricht,
Holanda)
Ivan da Costa Marques (Universidad Federal
de Río de Janeiro, Brasil)
Marcos Cueto (Universidad Peruana
Cayetano Heredia)
Diego Golombek (UNQ, Argentina)
Yves Gingras (UQAM, Canadá)
Jorge Katz (Chile-Argentina)
Leonardo Moledo (UNQ, Argentina)
León Olivé (UNAM, México)
Carlos Prego (UNLP, Argentina)
Jean-Jacques Salomon (1929-2008)
(Futuribles, Francia)
Luis Sanz Menéndez (CSIC, España)
Terry Shinn (Maison des Sciences de
l'Homme, Francia)
Cristóbal Torres (UAM, España)
Leonardo Vaccarezza (UNQ, Argentina)
Dominique Vinck (Universidad de
Grenoble, Francia)

Editores asistentes

Luciano Levin
Federico Briozzo

Diseño de portada e interiores

Mariana Nemitz

INSTITUTO DE ESTUDIOS SOCIALES
DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

REDES 29

revista de estudios sociales de la ciencia

ISSN: 0328-3186

VOL. 15, N° 29, BUENOS AIRES, MAYO DE 2009



Universidad
Nacional
de Quilmes
Editorial

**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE QUILMES**

Rector

Gustavo Eduardo Lugones

Vicerrector

Mario E. Lozano

Roque Sáenz Peña 352
(B1876BXD) Bernal
Prov. de Buenos Aires
República Argentina
Tel: (54 11) 4365-7100
<http://www.unq.edu.ar>

**INSTITUTO
DE ESTUDIOS
SOCIALES
DE LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA**

Director

Pablo Kreimer
Solís 1067
(C1074AAU) Ciudad
de Buenos Aires,
República Argentina
Tel./Fax: +54 (11) 4305-6311
Correo electrónico:
iec@unq.edu.ar

REDES

*Revista de estudios sociales
de la ciencia*

REDES es una publicación orientada al estudio de la ciencia y la tecnología y a sus múltiples dimensiones sociales, políticas, históricas, culturales, ideológicas, económicas, éticas. Pretende ofrecer un espacio de investigación, debate y reflexión sobre los procesos asociados con la producción, el uso y la gestión de los conocimientos científicos y tecnológicos en el mundo contemporáneo y en el pasado. REDES es una publicación con una fuerte impronta latinoamericana que se dirige a lectores diversos –público en general, tomadores de decisiones, intelectuales, investigadores de las ciencias sociales y de las ciencias naturales– interesados en las complejas y ricas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Indizada en la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc: <<http://redalyc.uaemex.mx>>).

REDES. Revista de estudios sociales de la ciencia forma parte del Catálogo Latindex.

ÍNDICE

ABSTRACTS 11

ARTÍCULOS

- Las ciencias sociales en los países árabes: marco para una investigación,
Ali El Kenz 19

SECCIÓN TEMÁTICA

- Nanociencias y nanotecnologías en América Latina. El desafío de articular la variedad de los estudios sociales sobre las nanociencias y nanotecnologías,
Noela Invernizzi y Dominique Vinck (editores) 41
- Introducción, *Noela Invernizzi, Dominique Vinck* 43
 - Tradiciones de evidencia en la investigación a escala nanométrica:
una aproximación a la “cultura epistémica” del mundo de lo pequeño,
Ailin María Reising 49
 - Integrarse en redes de cooperación en nanociencias y nanotecnologías:
el rol de los dispositivos instrumentales,
Mathieu Hubert, Ana Spivak L'Hoste 69
 - Las redes científicas como respuesta a la emergencia de las nanociencias
y nanotecnologías, *Eduardo Robles Belmont* 93
 - Redes sociotécnicas de cogestión de conocimiento en nanotecnologías
en Colombia: ¿entre la visibilidad internacional y la apropiación local?,
Constanza Beatriz Pérez Martelo, Dominique Vinck 113
 - Nanotecnología en los medios: ¿qué información llega al público?,
Noela Invernizzi, Cibele Cavichiolo 139
 - Biosociabilidade e biopolítica: reconfigurações e controvérsias
em torno dos híbridos nanotecnológicos, *Jonatas Ferreira,
Rosa Maria Leite Ribeiro Pedro* 177
 - Capacidad tecnológica, implicación y participación: a propósito
de la nanotecnología, *Fernando Tula Molina* 197

NOTAS DE INVESTIGACIÓN

- El uso de la ciencimetría en la construcción de las políticas tecnocientíficas
en América Latina, una relación incierta, *Iván de la Vega* 217
- Sociedad del conocimiento en la Argentina:
el caso de una empresa-red, Tenaris, *Alejandro Artopoulos* 241

RESEÑAS

- Maíra Baumgarten (org.), *Conhecimentos e Redes. Sociedade, política
e inovação*, Porto Alegre, UFRGS, 2005, Victoria Ugartemendía 277
- D. Parente (ed.), *Encrucijadas de la técnica. Ensayos sobre tecnología,
sociedad y valores*, La Plata, EDULP, 2007, Federico Vasen 286
- Dominique Vinck, *Les nanotechnologies* 296

NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS 300

THE SOCIAL SCIENCES IN THE ARAB COUNTRIES: RESEARCH FRAMES

ALI EL KENZ

Abstract

Below an uniformity look, the social sciences knowledge within the Arab countries are, instead, multiple. Ideas and formalized knowledge are spread through academic associations, meetings, colloquia and seminars but also, and moreover, through publications, big newspapers and media. This absolutely unique configuration allows to talk about Arab social sciences and Arab humanities, but it also compels to note the principal variations that shapes them.

KEYWORDS: ARAB COUNTRIES – ARAB HUMANITIES – ARAB KNOWLEDGE.

TRADITIONS OF EVIDENCE IN NANOSCALE RESEARCH: TOWARDS AN “EPISTEMIC CULTURE” OF THE WORLD OF SMALL THINGS

AILIN MARÍA REISING

Abstract

In the 80s, the development of technologies like the scanning tunneling microscope made the manipulation of atomic and molecular structures a reality factually possible. This was because these technologies offer an ontological platform around which disciplines such as physics, chemistry, biology, computer science and engineering formed an “epistemic culture” (Knorr Cetina, 1999) that has made of the appreciation of the visual knowledge a key feature of the nanoscale research. The present work constitutes an initial approach to the characterization of this field of knowledge that explores, through the analysis of the representational resources usually used as evidence, points of contact and break with the traditional practice of science. For this purpose the work is structured in three sections. The first one explores the epistemological, ontological and methodological assumptions of mechanistic and adaptive visions of nanostructures in order to provide an initial

characterization of the “epistemic culture” (Knorr Cetina, 1999) in the world of small things. The second explores the epistemological implications of such views in relation to the “traditions of evidence” that led to the very possibility of research at the nanoscale. Finally, the third section analyzes, through an empirical approach to nanotecnoscientific field in Argentina, the process of codification of knowledge that takes place around the instruments commonly used in this field of knowledge.

KEYWORDS: EPISTEMIC CULTURE – CODIFICATION OF KNOWLEDGE – TRADITIONS OF EVIDENCE – INSTRUMENTS.

INTEGRATING INTO COOPERATION NETWORKS IN NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY: THE ROLE OF THE INSTRUMENTAL DEVICES

MATTHIEU HUBERT, ANA SPIVAK L'HOSTE

Abstract

Competences and resources agglomeration and geographical concentration are characteristic features of nanoscience and nanotechnology growth in some countries. This paper questions the appropriation of nanoscience and nanotechnology dynamics by researchers of a country where such concentration is absent. It deals with the insertion of researchers in local and international, formal and informal cooperation networks including various partners. The data collected in three Argentinean laboratories show how much access to instruments is a central concern for researchers. It shows how these researchers adjust their research strategies and practices to the lack of instruments. Finally, this study questions inequalities in the scientific communities from the point of view of instrumental mediations. It argues the interest of approaching these inequalities in terms of integration and differentiation rather than in terms of centre(s) and periphery (-ies).

KEYWORDS: SCIENTIFIC COLLABORATION – SCIENTIFIC INSTRUMENTATION – NANOSCIENCE – NANOTECHNOLOGY – CENTRE–PERIPHERY – COOPERATION NETWORKS.

**SCIENTIFIC NETWORKS AS A RESPONSE TO
THE EMERGENCE OF NANOSCIENCE AND
NANOTECHNOLOGIES**

EDUARDO ROBLES BELMONT

Abstract

This text is about the construction of networks of scientific collaboration in the field of nanosciences and nanotechnologies in Mexico as a response to the lack of scientific platforms. It is based on two case studies: the first is a collaborative network that has its scope limited to the academic world, and the second case study is a network that maintains collaborative relationships between institutions of Mexico and Texas, and also promotes research-industry linkages. The methodology of this work is based on a series of visits and interviews with actors of laboratories and research centres (laboratory ethnography), on the use of scientimetric tools (analysis of scientific production based on database records) and on document analysis including institutional reports, research and technology policy documents, texts of popularization of science, among others.

KEYWORDS: COLLABORATIVE NETWORKS – SCIENTIFIC COOPERATION – NANOSCIENCE – NANOTECHNOLOGY – ACCESS TO SCIENTIFIC INSTRUMENTS – SCIENTIFIC PLATFORM.

**SOCIOTECHNICAL NETWORKS
OF JOINT KNOWLEDGE MANAGEMENT IN
NANOTECHNOLOGY IN COLOMBIA: BETWEEN
INTERNATIONAL VISIBILITY AND LOCAL
APPROPRIATION?**

CONSTANZA BEATRIZ PÉREZ MARTELO,
DOMINIQUE VINCK

Abstract

How networks of knowledge management organize for nanotechnology development in Colombia? How do those networks combine the

international visibility and local appropriation? This paper approaches those questions starting from the notion of Not Applied Applicable Knowledge (NAAK) raised by Pablo Kreimer (2006) and study of three Colombian cases of knowledge management in that technological field. The findings lead to rethink the concept of NAAK, since the cases indicate a co-construction of the local with the global and a generation and use of knowledge not strictly separated, nor united. We suggest the notion of joint knowledge management in which the roles of knowledge user and generator are interchangeable along the time and the learnings cross institutions and disciplines.

KEYWORDS: NANOTECHNOLOGY – COLOMBIA – NOT APPLIED APPLICABLE – KNOWLEDGE – KNOWLEDGE MANAGEMENT – NETWORKS.

NANOTECHNOLOGY IN THE MEDIA: WHAT KIND OF INFORMATION REACHES THE PUBLIC?

NOELA INVERNIZZI, CIBELE CAVICHILO

Abstract

This article analyses the information available to the Brazilian public on nanoscience and nanotechnology. This emerging scientific and technological field has been quickly legitimized and granted a strategic position and significant research budget in the country. We examine one newspaper, three general information weekly magazines (considering their science and technology sections), and two science popularization magazines. The period covered is 2002-2007. The information was organized following a set of variables: a) general content of the articles; b) use of sources of information; c) ways of defining nanotechnology; d) characteristics of the visions on nanotechnology (promises for the future); e) social implications and risks; f) ways of presenting the relationship between science and society. Our analysis shows that information on nanotechnology is considerably scarce when compared to the strategic position that nanotechnology occupies within Brazilian science and technology and industrial policies. Public information is characterized by an empha-

sis in optimistic visions of nanotechnology, such as promises of more efficient and “intelligent” products, impressive advances in diagnostics and treatment of diseases, another revolution in information technology, economic growth, among others. The promises formulated by scientists tend to be magnified in journalistic texts by using titles, highlighted texts and figures with futuristic tones. Information on controversial aspects is scarce. On one hand, the articles do not refer to internal debates in the field of nanotechnology. On the other hand, promises are seldom obscured by side effects, risks, social implications or ethical dilemmas regarding these technologies.

KEYWORDS: NANOSCIENCE – NANOTECHNOLOGY – SCIENCE POPULARIZATION – WRITTEN PRESS – TECHNOSCIENTIFIC VISIONS.

BIOSOCIALITY AND BIOPOLITICS: RECONFIGURATIONS AND CONTROVERSIES ON NANOTECHNOLOGICAL HYBRIDS

JONATAS FERREIRA, ROSA MARIA LEITE RIBEIRO PEDRO

Abstract

The new technologies of life, especially those operating on a molecular scale, open the possibility of an indefinite perfectibility of the human body. For some authors, we would be facing the technical solution of the old dream of immortality. Departing from another line of reasoning, we believe that such a claim asks for a preliminary question: what do the production and the reproduction of life mean in such a technological context? We sustain initially that the new technologies of life manipulation operate on a scale where certain culturally significant differences constitute a problem –as those between what is organic and what is inorganic, what is matter and what is information, what is alive and what is lifeless. The following paper aims to reflect about this twilight zone –space of convergence between biotechnology and nanotechnology– exploring political, ethical and cultural questions that lie under the perspective of a society that articulates itself around a literally molecular experience.

KEYWORDS: BIOPOLITCS – BIOSOCIALITY – NANOTECHNOLOGY.

**TECHNOLOGICAL CAPABILITY,
CONSEQUENTIALITY AND PARTICIPATION:
ISSUES ABOUT NANOTECHNOLOGY**

FERNANDO TULA MOLINA, SERGIO BARBERIS,
FEDERICO VASEN, GUSTAVO GIULIANO

Abstract

This paper has a twofold objective:

a) Related to advances in nanotechnology, to draw attention to the urgency of considering the development and consequences of new technologies.

b) To propose the *consequential context* and its categories to contribute to the common debate framework on this issues.

In general the work reflects and proposes on how to think and act collectively on the direction of technological innovation and its associated practices.

KEYWORDS: NANOTECHNOLOGY – CONSEQUENTIAL CONTEXT – TECHNOLOGICAL POLICY – DEMOCRATIC PARTICIPATION.

**THE USE OF SCIENTOMETRICS IN THE DESIGN
OF LATIN AMERICAN TECHNOSCIENTIFIC
PUBLIC POLICIES. AN UNCERTAIN RELATIONSHIP**

IVÁN DE LA VEGA

Abstract

The present study analyzes the relationship between scientometrics and its use in technoscientific public policy design in Latin America. Its objectives are: 1) To review the implantation of technoscientific policy and scientometrics in Latin America. 2) To discuss the relevance of the work that has been done in Latin America in scientometrics and technoscientific public policy design, to estimate the real necessities of information. 3) To pose future scenarios for the region in connection with the articulation of scientometrics

and technoscientific public policy. The methodology applied is multidimensional. We first review the historic evolution of scientometrics and technoscientific public policies. Then we centre the analysis on scientometrics and technoscientific policy and examine the technoscience understanding from the perspective of different theoretical models and its repercussions in Latin America as a peripheral region. Several future scenarios for Latin America are built in connection with the use of scientometrics in the formulation of technoscientific public policies. This work results are: a retrospective review of scientometrics and technoscientific policy in Latin America, from the Second World War to the present; the region is shown to have made limited use of technoscience measurements in the elaboration of technoscientific public policy; we construct scenarios based on the historic processes and observed tendencies. We conclude that there has been a weak link between scientometrics and the design of technoscientific public policies in the region and also that they did not grow out of an organic relationship and interaction between the actors that conform the Latin American National Systems of Science, Technology and Innovation. That is why we say that they are “implanted” from outside. We do not envision major advances on these issues in the near future because of the persistence of problems of a structural order.

KEYWORDS: TECHNOSCIENTIFIC PUBLIC POLICIES – SCIENTOMETRICS – LATIN AMERICA – UNCERTAIN RELATION.

KNOWLEDGE SOCIETY IN ARGENTINA: THE CASE OF A NETWORK- ORGANIZATION, TENARIS

ALEJANDRO ARTOPOULOS

Abstract

This paper is about the case of Tenaris, a multinational corporation from Argentina that became a leader in the Oil Country Tubular Goods (OCTG) market, a strategic supply for oil & gas sector, with 40% market share in 2007. We can state that Tenaris reinvent industrial capitalism from periphery. It is an unusual case of an

emergent giant that not only adapted itself to globalization but it also took full advantage of the transition to informational capitalism. The case enlightens the performance of Tenaris showing the innovation of network form of the organization structure based in knowledge production, that we call “network-organization”. This piece is first step of a research program that study cases of different sectors with the objective of analyze the components of the network form of the organization.

KEYWORDS: INNOVATION – NETWORK-ORGANIZATION – KNOWLEDGE SOCIETY.

LAS CIENCIAS SOCIALES EN LOS PAÍSES ÁRABES: MARCO PARA UNA INVESTIGACIÓN*

ALI EL KENZ**

RESUMEN

Aunque se presentan bajo una unidad aparente, los conocimientos del campo de las ciencias sociales en los países árabes son múltiples. Las ideas y los conocimientos formalizados circulan a través de las asociaciones académicas, los encuentros, coloquios y seminarios, pero también, y cada vez más, a través de publicaciones como los grandes diarios y los medios. Es esta configuración totalmente original la que permite hablar de ciencias humanas y sociales árabes pero también obliga a percibir las principales diferencias que las estructuran.

PALABRAS CLAVE: PAÍSES ÁRABES – HUMANIDADES ÁRABES – CONOCIMIENTO ÁRABE.

INTRODUCCIÓN

El mundo árabe obtiene su identidad relativa esencialmente del idioma, de la religión ampliamente dominante (el islam), y de un patrimonio histórico común (la antigua civilización arábigo-musulmana). Esta identidad es en sí problemática y atípica: en el léxico árabe existen diversas nociones para designarla según se ponga el acento en el idioma, la religión o la unidad política. Además, cada uno de esos sentidos está ligado a su vez a instituciones, asociaciones, e incluye investigación, partidos políticos, formas de movilización y de identificación colectiva. En efecto, aun siendo tan efectiva esta unidad, queda limitada al orden de lo simbólico y lo cultural, y no está adosada prácticamente a ninguna realidad institucional: los intercambios económicos entre los países de esa región son insignificantes, la solidaridad política y diplomática es inconsistente, y evidentemente, las relaciones científicas entre los diferentes países y universidades son prácticamente nulas.¹ Por lo tanto, las ideas, los saberes formalizados circulan a través de las

* Título original: “Les sciences sociales dans les pays arabes” (2005), disponible en: <<http://www.estimate.ird.fr/article50.html>>. El sitio ESTIME es administrado por la Unidad de Investigación R105 del Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Traducción de Alberto Lalouf.

** Institut d'Études Avancées, Université de Nantes, <ali.el-kenz@univ-nantes.fr>.

¹ La cooperación científica entre los cuatro países de África del Norte (Marruecos, Argelia, Túnez, Egipto) no supera el 3%, según el último estudio del IRD (Waast y Gaillard, 2002).

asociaciones académicas, los encuentros, coloquios y seminarios, pero también, y cada vez más, a través de publicaciones como los grandes diarios y los medios.

Es esta configuración en todo original la que nos autoriza a hablar aquí de las ciencias humanas y sociales árabes, pero nos obliga también a tomar en cuenta las principales divisiones que las estructuran.

Existen tres grandes grupos de países que se diferencian netamente entre sí.

1) Los países del Golfo, en su mayoría productores de petróleo, que desde su independencia adoptaron políticas de investigación científica fuertemente inspiradas en el modelo anglosajón: universidades de élite, programas de investigación muy abiertos al exterior en ciencias exactas (Estados Unidos y Gran Bretaña), pero relativamente cerrados en ciencias humanas y sociales, financiados simultáneamente por los estados y las fundaciones privadas (que son numerosas en esta región), desarrollando una ciencia pragmática, estrechamente vinculada a las necesidades de los países, como química, biotecnología, informática, sociología (en el sentido de ingeniería social), filosofía islámica, econometría. No conocemos prácticamente nada de estos países en el campo de la investigación científica, al menos en ciencias sociales.

2) Los países del Mashrek (Egipto, Irak, Siria, Líbano) pusieron en práctica universidades de “masas” que debían acompañar los modelos de desarrollo de tipo “fordista”. Estos modelos fracasaron por múltiples razones; la reforma de los sistemas educativos y de las políticas de investigación científica fueron dificultadas por la represión, acarreando efectos que encontramos en ciertos países de América Latina, pero con particularidades propias vinculadas a la configuración de la región. Los países del Golfo reclutaron un gran número de universitarios e investigadores, sobre todo de Medio Oriente, cuando el despliegue de los programas de investigación, en función de las demandas de los nuevos financiadores (Banco Mundial, fundaciones occidentales, ONG, etc.), favorecieron las actividades de experticia y consultoría. Estas nuevas dinámicas terminaron por debilitar las jerarquías académicas y disciplinarias en beneficio de redes clientelistas mercantiles.

3) Los países del Magreb (Argelia, Túnez, Marruecos) presentan un espectro más matizado. La privatización de la enseñanza superior y la investigación es mucho menos pronunciada que en ciertos países de Medio Oriente, en cuanto la atracción de los países del Golfo y el “efecto experticia” continúan siendo limitados. La principal característica de la situación de las ciencias humanas y sociales en estos países es la relativa unidad de métodos, problemáticas y referencias en los trabajos.

El capital científico europeo, sobre todo francés, continúa siendo fuertemente solicitado, en particular en las disciplinas “madres”, como el derecho, la historia, la filosofía o la sociología. En psicología o economía, la demanda es algo menor;

un relevamiento de las obras occidentales traducidas al árabe lo mostraría también fácilmente. El perfil de las restantes comunidades científicas fuertemente debilitadas por las restricciones presupuestarias de los estados, más o menos se mantiene: el poder simbólico de las grandes universidades, aunque desgastado, no ha desaparecido; las obligaciones, las jerarquías y los valores académicos siguen activos; la autonomía de la investigación y la postura crítica que supone resisten todavía a las presiones del mercado de la experticia y el autoritarismo político.

Por otro lado, una importante diáspora científica magrebí reside hoy día en Europa, sobre todo en Francia, y comienza a organizarse para, generalmente, auxiliar a los recién llegados pero también a los centros de investigación de los países de origen. Para los científicos de Medio Oriente, sobre todo para los egipcios, libaneses y sudaneses, la movilidad está orientada a dos mercados internacionales: los países del Golfo (que comenzaron la construcción de sus sistemas universitarios en la década de 1960) y los países anglosajones (sobre todo Estados Unidos y Gran Bretaña, que absorbieron una parte del personal de alta calificación de esas regiones).

Estos grandes trazos pueden ayudarnos a dibujar los perfiles de los investigadores y los estilos de comunidades científicas que se frecuentan y que en ocasiones se entrelazan según combinaciones muy variadas: el militante, el académico, el pragmático, el consultor, constituyen una paleta de posturas sociocognitivas reveladoras de la situación de las ciencias humanas y sociales en el mundo árabe contemporáneo. Por supuesto, la combinación varía en cada caso según la disciplina y el país.

Desde el punto de vista de los idiomas de la investigación, el francés es dominante en el Magreb, y el inglés en los otros dos grupos, lo que evidentemente ha influido de forma notable no solo sobre la inserción de los investigadores en las redes internacionales, sino también en los estilos científicos y de investigación. La adaptación de los países árabes “anglófonos” a las nuevas lógicas de inspiración anglosajona es mayor que la de los países magrebíes. En todos los casos, el elemento lingüístico jugó un papel más importante en la formación de esos miniespacios científicos regionales que las propias experiencias nacionales. Podemos prever, además, que con la disminución del uso del francés en la literatura científica mundial, la influencia de este factor tenderá a disminuir y las “empatías” vinculadas a los modelos serán más efectivas. Tanto más que la arabización de parte de los científicos magrebíes, habrá contribuido, por su lado, a atenuar el efecto de la lengua sobre la práctica de la investigación. Como sea, las “querellas lingüísticas” ocupan en este grupo un lugar importante en la constitución de las comunidades científicas, en la “globalización” que acelera la “defrancesización” de la enseñanza universitaria en beneficio del inglés y con el apoyo de las élites políticas de lengua árabe.

Para los grupos, las referencias al brillante pasado científico de la civilización árabe-islámica siguen siendo fuertes y constituyen un tema de investigación interesante para el analista. ¿Cuáles son sus referencias?, ¿de qué manera inciden sobre las motivaciones y los valores de los actores (sobre todo las fundaciones privadas que participan en el financiamiento de los proyectos)?, ¿qué tipo de proyectos encontramos?, etcétera.

Se habla incluso de una “ciencia islámica” que se presenta, al mismo tiempo, como una recuperación de la antigua herencia y como un desafío a la civilización occidental. Ya no nos sorprende ahora al ver a las corrientes posmodernas estadounidenses como la etnometodología, la antropología de Geertz o incluso a la filosofía derridiana de la deconstrucción, encontrando numerosos émulos entre los investigadores de estos países. El relativismo absoluto o restringido que habilitan estas corrientes legitima de alguna manera el deseo de escapar al evolucionismo occidental sin caer bajo las ácidas críticas de los modernistas. Los conflictos entre las dos corrientes se extienden aquí a los medios intelectuales y políticos en una amplitud que varía según las subregiones: Medio Oriente, países del Golfo, el Magreb, y también según las disciplinas.

EL ESTADO DE LAS RELACIONES

Los últimos datos sobre el número de estudiantes en los países árabes indican una cifra aproximada de 3 millones, de los que 1,4 millones corresponden a Egipto, 600 mil a Argelia, 300 mil a Marruecos, 200 mil a Siria y Túnez, 150 mil a Arabia Saudita, 130 mil al Líbano, 100 mil a Sudán, 60 mil a Libia (Gladman, 2004). Pero todos los países, incluso los más pequeños, tienen hoy varias universidades, de las cuales algunas están consagradas, parcialmente, a la enseñanza de las ciencias humanas y sociales (Jordania, Palestina, Qatar, Kuwait, Yemen, etc.). Nuestras observaciones conciernen principalmente a los países con fuerte concentración universitaria y a algunas universidades de aquellos países en las que estas disciplinas son antiguas y están fuertemente representadas.

En todos los países, con las muy raras excepciones de Al-Azhar en Egipto, Kaureein en Marruecos y Ez-Zitouna en Túnez, las universidades en cuestión son de creación reciente, de la época colonial o del período inmediato a la descolonización. Tenemos así varios estratos en la historia que corresponden a rupturas: “decadencia”, colonización, *nahda*,* liberación nacional, desarrollo... y globalización.

* “Despertar cultural” o “Renacimiento”, movimiento cultural religioso que abarcó desde mediados del siglo XIX hasta comienzos del siglo XX, que significó la recuperación de la tradición clásica islámica. [N. del T.]

1) El primer estrato es el de las tres universidades legadas por la antigua civilización árabe-islámica de las que la última, Al-Azhar, creada en el año 977, continúa muy activa hasta la fecha. Con 185 mil estudiantes, es la más importante en cuanto al número de alumnos en el mundo árabe.

2) El segundo estrato es el de las universidades creadas durante el período colonial: la de Argel en 1870 (Argelia), la de Damasco en 1903 (Siria), la de Omdurmán en 1912 (Sudán), la de St. Joseph en 1875, la American University of Beirut en 1866 y la Lebanese American University en 1924 (El Líbano), la Universidad de El Cairo² en 1908 y la American University in Cairo en 1919 (Egipto).

3) El tercer estrato corresponde a la década de 1950, en plena efervescencia anticolonialista: la Universidad Ain Shams en 1950, la de Alejandría en 1942 y la de Assiut en 1957 (Egipto), la Universidad Libanesa en 1951, la Universidad Árabe de Beirut en 1960 y la de Kaslik en 1950 (El Líbano), la Universidad de Bagdad en 1957 y las de Basora y el Mustansiriya en 1964 (Irak), la Universidad de Jartum y la Universidad El-Neelain en 1955 (Sudán), la Universidad Rey Saud de Riad en 1953, la de Medina en 1961 y la Rey Fahd en 1963 (Arabia Saudita), la Universidad Garyounis de Bengasi en 1955 y la Al-Fateh de Trípoli en 1957 (Libia), la Universidad de Alepo en 1960 (Siria), la Universidad Mohamed V en 1957 (Marruecos) y la Universidad de Túnez en 1960.

4) El cuarto estrato, en la década de 1970, corresponde a la formación de personal técnico para el desarrollo: en todos los países se erigen universidades e institutos de formación tecnológica, escuelas de ingeniería, centros de investigación en agronomía, tecnologías biológicas, ingeniería mecánica, electricidad, electrónica, etcétera. Es el caso de la Minufiya en Egipto, del Boumerdès en Argelia, y de la Universidad tecnológica de Bagdad.

5) El quinto estrato comienza a formarse en la década de 1980 y se caracteriza por dos aspectos: se crean instituciones sobre todo privadas, que se orientan preferentemente hacia las ciencias de la administración, del comercio y de las finanzas. Algunas son importantes, como la Misr University for Science & Technology de Egipto o la Al Akhawayn en Marruecos; otras son más modestas –pero más numerosas– y no se expanden. Comienza a gestarse un nuevo mercado, alimentado por la asfixia de las grandes universidades y la mediocridad de su nivel de enseñanza, pero también por la nueva estrategia de las clases medias-altas que no tienen los medios para inscribir a sus hijos en una universidad extranjera, pero que pueden invertir una parte de sus ahorros para “salvar” a sus hijos.

² Los fundadores de la Universidad de El Cairo fueron grandes intelectuales “nacionalistas” como Mustafa Kamel, Saad Zaghloul, Ahmed Lutfi Assayed. Taha Hussein fue el primer rector de la Universidad de Alejandría en 1944.

Estos diferentes estratos no están separados sino que se superponen como las capas geológicas en un *continuum* entrecortado por rupturas de una intensidad que varía además con las disciplinas: el *fiqh** o la matemática, la filosofía o la historia presentan secuencias particulares. Pero las instituciones también muestran distinciones: a diferencia de la Universidad de El Kaureein, en la de Al Azhar se incorporaron las ciencias modernas (medicina, ciencias exactas...) sin renegar del conocimiento heredado; en 1962, después de la independencia de Argelia, la Universidad de Argel rechazó una gran parte de la herencia colonial en ciencias humanas y sociales³ pero mantuvo y continuó el desarrollo de las ciencias exactas; en Túnez, el presidente Burguiba cerró la Universidad de Ez-Zitouna.⁴ Pero en todos los casos, el vínculo tenue o fuerte que une los diferentes estratos nunca se ha roto.

Los estratos conforman la historia particular de cada disciplina, de cada institución y también de cada país en su conjunto, y es a través de ellos que podemos reconstruir la historia universitaria y científica del mundo árabe puesto que componen la trama institucional a partir de la cual fueron producidos, enseñados y difundidos los saberes relativos a cada una de ellas.⁵ Por otra parte, si se llevan a cabo investigaciones sociohistóricas finas y precisas, podremos observar también los “*ethos*”⁶ las normas y los valores particulares de cada uno. Y además, combinando ambas historias, reconstruir las condiciones cognitivas y sociales específicas en las que vivieron y trabajaron los científicos y universitarios de cada período. Por supuesto, de ninguna manera se trata de un ejercicio mecánico, tanto más cuando los estratos se empalman unos en otros: los más antiguos legando a los que le siguen los saberes pero también los valores, que según el caso son retomados, o por el contrario, criticados y rechazados.

De este modo, también habrá que analizar las formas de ruptura o de continuidad según las disciplinas y las instituciones reveladoras de los conflictos intergeneracionales, que a menudo jalonan la historia de las ciencias.

Habría que distinguir entonces dos grandes campos científicos que desde el punto de vista histórico presentan perfiles diferenciados: el de las ciencias exactas

* El *fiqh* es la ciencia que estudia la *sharia* o derecho islámico en general, y los aspectos relacionados al culto y a las relaciones humanas, en particular. Puede traducirse como “jurisprudencia islámica”. [N. del T.]

³ Durante un decenio se prohibió incluso la práctica de la antropología, considerada como una ciencia colonial.

⁴ Burguiba consideraba las enseñanzas de Ez Zitouna como tradicionalistas y oscurantistas.

⁵ Fenómeno similar al de América Latina en el mismo período.

⁶ Los medios científicos constituyen unidades de trabajo particulares en la medida en que esta actividad puede ser valorizada de diversas maneras: el título, y por consiguiente el estatuto profesional –subordinados entre sí por una legitimación social– así como el reconocimiento por “los pares” que los acompañan –subordinados al medio en cuestión–, constituye una verdadera “comunidad” con sus propios valores, sus sanciones y sus recompensas, y finalmente, la recompensa económica, con la condición de que no destruya los demás valores.

y más recientemente de las tecnologías (comprendidas las “nuevas tecnologías”), y el de las ciencias sociales y humanas. Las primeras fueron importadas en conjunto, después de la decadencia de las universidades del primer estrato –hacia el siglo xv–, por los colonizadores franceses, ingleses e italianos a finales del siglo xix y a comienzos del siglo xx con la construcción de las primeras universidades modernas en Argel, El Cairo y en Damasco.⁷ Ese fue el caso de la medicina, la agronomía, las ciencias exactas y más tardíamente las ingenierías. Su “transplante” no planteó grandes problemas, salvo tal vez para la enfermería, y fueron asimiladas en general a la modernidad.

En el caso de las ciencias sociales, y en particular en derecho, historia y filosofía se dio la situación contraria. En estas disciplinas, los primeros científicos “indígenas”, aunque dominados, rechazaron su afiliación, por lo menos total, a la visión occidental y la de sus programas de enseñanza y de investigación desarrollados en los paradigmas del derecho positivo, la periodización europea de la historia o de la herencia griega en filosofía.

Esta diferencia entre los campos se mantendrá a lo largo de todo el período moderno –el segundo estrato– con secuencias diferenciadas según los países, las instituciones y las disciplinas. En tanto en la Universidad de El Azhar se rechaza por completo el derecho positivo, en la Universidad de El Cairo se negocian compromisos, conservando la *sharia* a título personal, pero obrando en primer lugar las otras parcelas: derecho internacional, derecho comercial, etcétera. Paradójicamente, durante el período nacionalista –el tercer estrato– y la salida de la dominación colonial, las diferencias se atenuaron con la introducción de nuevas disciplinas como la sociología, la economía o la psicología. Por cierto, se rechaza con energía la historia colonial, pero se acepta el positivismo de las nuevas disciplinas como propio: los primeros sociólogos son durkheimianos o parsonsianos, los primeros psicólogos se reivindican conductistas o psicogenetistas, los primeros economistas son liberales o marxistas. El giro tecnocientífico, si pudiera denominarse así, se mantuvo a lo largo del breve período desarrollista –una veintena de años– que corresponde al cuarto estrato. La noción de desarrollo atraviesa entonces todas las disciplinas de las ciencias humanas y sociales y se integra perfectamente con la multiplicación de las universidades tecnológicas. Ambos campos parecen converger hacia un objetivo común, el despegue económico y social para “alcanzar” a los países occidentales.

Con el fracaso del proyecto desarrollista, los grandes acontecimientos (la revolución iraní y la desarticulación del campo socialista) y los dramas que redujeron a nada las esperanzas acumuladas a lo largo del siglo, la guerra civil en el Líbano, la guerra Irak-Irán, y más tarde la Guerra del Golfo, la Intifada palestina,

⁷ La expedición de Bonaparte a Egipto inaugura este nuevo período.

la guerra civil en Argelia, los dos campos divergieron nuevamente. En tanto las ciencias sociales se desplegaron sobre las líneas de la identidad, la especificidad y la diferencia, las disciplinas del segundo campo, por el contrario, se ligaron con fuerza a los programas de enseñanza y de investigación de los países del norte: informática, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC), biotecnología, econometría, gestión, bajo las nuevas etiquetas de las universidades y centros de investigación, se erigen un poco por todas partes en los países árabes. Es en los países del Golfo que encontramos esta configuración tan particular, este modelo “dualista” que ciertos analistas –como Daryush Shayegan (1998)–⁸ definen como el cimiento de una suerte de “esquizofrenia colectiva”.

Desde hace algunos años, globalización obliga, asistimos a un efecto de *feedback*, de reacción en reciprocidad con la formación, paralelamente a las carreras clásicas de las ciencias humanas y sociales, de nuevas disciplinas e investigaciones más “de acuerdo” con las corrientes contemporáneas. Hasta el momento, estos nuevos espacios se sitúan en los márgenes de las grandes instituciones universitarias, en las ONG internacionales o en torno a los centros y fundaciones extranjeras dedicadas a la investigación en ciencias humanas y sociales. El ejemplo más difundido es el reporte anual sobre el mundo árabe del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que ofrece información en particular, estadísticas sobre los diferentes países de la región, inaccesibles de otro modo, y también instructivas comparaciones internacionales; por último, y principalmente, brinda información sobre nuevos métodos de análisis (el IDHA,^{*} por ejemplo) y sobre nuevas nociones construidas a tal efecto por los analistas del Banco Mundial y de otras organizaciones internacionales. Podríamos asistir, y esto no es más que una simple hipótesis de trabajo, a un desdoblamiento del campo árabe de las ciencias humanas y sociales: el primero reagrupando las disciplinas tradicionales, sostenido por las instituciones clásicas de enseñanza e investigación (las grandes universidades víctimas de su tamaño y por lo tanto de su inercia);⁹ el segundo, sostenido por instituciones más pequeñas, que funcionan bajo la demanda de las instituciones internacionales de investigación, en la frontera del academicismo y la experticia. Este sería un efecto de la globalización en curso y de la difusión, por el sesgo de las ONG, de un nuevo “estilo” de investigación en ciencias sociales.

⁸ “Nosotros”, escribe el autor, “gente de la periferia, vivimos el momento de los conflictos entre los diferentes bloques de conocimiento. Estamos presos en una falla entre mundos incompatibles que se rechazan y se deforman mutuamente”.

* Índice de Desarrollo Humano Ampliado [N. del T.].

⁹ El promedio efectivo de estudiantes en las grandes universidades de los países árabes es de 40 mil alumnos. Algunas tienen más de 80 mil, hasta 100 mil estudiantes, lo que plantea un difícil problema de organización de la enseñanza, de pedagogía y, desde luego, de investigación.

Como fuera, parece que los dos campos están ligados por dinámicas de convergencia o divergencia que varían con el tiempo, pero se hace necesario el análisis para comprender los posicionamientos y los paradigmas de investigación de unos y otros. Si parece que el campo de las ciencias llamadas exactas y de las tecnologías presentan una evolución más lineal, y el de las ciencias sociales y humanas más contradictorio, atormentado, es porque el segundo tiene una relación de proximidad más estrecha con los otros dominios de la vida social y cultural, influenciado por e influenciando en las normas y valores de la sociedad en su conjunto.

LOS POSICIONAMIENTOS Y LOS MÉTODOS

EL ACADÉMICO

Tras la creación de las primeras universidades del período colonial, los nacientes científicos provenían de la aristocracia social dominante y, luego, de la nueva burguesía burócrata. Pocos en número y educados a la inglesa o a la francesa, según el país, adoptaron los valores dominantes del momento, que significaban academicismo, respeto de la jerarquía profesoral, elitismo, relativo apoliticismo. Liberados de toda penuria económica por el sostén financiero de los padres, eran llevados a su trabajo por una “vocación”, una ambición de sabios que buscaban sobre todo el “reconocimiento” de sus pares y sus “maestros” en la disciplina que habían elegido: derecho, filosofía, letras, historia. Objetividad, neutralidad científica, rigor en la búsqueda de la prueba, constituyeron los valores que debían guiar sus investigaciones. Su chivo expiatorio fue entonces el *Al Azhari*, ese sabio tradicional y estéril que no hacía más que repetir lo que la tradición había dejado en términos de saberes y conocimientos. Pero su pequeño número, debido a la rigurosa selección para el ingreso ejercida por los maestros, no les permitirá tener una influencia notable sobre la evolución de la sociedad. Las controversias entre unos y otros se verifican según el mismo esquema, con intensidades diferentes, en muchos de los países de la región árabe.¹⁰ En Egipto, sobre todo, esta actividad será la más prolongada y profunda marcando hasta hoy el movimiento de las ideas en el mundo árabe. Es a partir de la década de 1940, con la Segunda Guerra Mundial, que comienzan a constituirse las promociones más importantes de científicos de esta categoría en Egipto, el Líbano, Argelia y Siria. Ellos fueron las primeras generaciones de *social scientists* del mundo árabe, tales como Constantin

¹⁰ El historiador marroquí Abdellah Laroui describió con mucha agudeza esta oposición entre “el clérigo y el modernista”. Véase Laroui (1972).

Zureik, Ali Al Ouerdi, Abderrahman al Badawi, Mohamed Talbi, Mustafá Lacheraf, entre otros. Los acontecimientos se aceleraron con la aparición de los movimientos nacionalistas; las nuevas promociones de académicos crecieron en número, pero al mismo tiempo se acercaron progresivamente a las demandas populares, a las reivindicaciones de las élites políticas. Los académicos se transformaron en comprometidos, y más tarde se les acusará de ideólogos.

EL COMPROMETIDO

En principio, la figura del universitario comprometido está estrechamente vinculada con el nacionalismo. Hijos de notables tales como Edward W. Said,¹¹ Leila Fawaz,¹² Mustafá Lacheraf (véase Lacheraf, 2001), su metamorfosis es siempre lenta, dolorosa, porque es conducida por una progresiva toma de conciencia de su diferencia y de su pertenencia a una comunidad dominada. Esta toma de conciencia a menudo está acompañada de un vago sentimiento de culpabilidad que, en ciertos casos, como los de Lacheraf o Said, aguzará su espíritu crítico con relación a las “ciencias occidentales”, colonialistas o imperialistas. De todas formas, sus compromisos permanecerán siempre contenidos en las restricciones impuestas por la disciplina y les permitirá conciliar los valores del sabio con los del político.

Tras las declaraciones de independencia y la asunción de las autoridades surgidas de las nuevas élites políticas, una gran parte de los académicos se inclinará francamente hacia la oposición a los nuevos dirigentes de sus países. El marxismo, bajo diferentes formas partisanas pero también disciplinares –crítica literaria, filosofía, economía, sociología, historia y ciencias políticas– sostiene, en el campo universitario árabe, la postura puramente académica y francamente desvalorizada, a menudo sospechada de traición.

Muchos investigadores comprometidos se convirtieron en militantes y pagaron caro su compromiso. Prisión, tortura, en ocasiones asesinato, a menudo exilio, transformaron los campus de la Universidad de El Cairo, de Argel, de Bagdad, de Rabat o de Túnez en trincheras de la oposición política. En ciencias sociales, el compromiso acompaña a la ciencia. Para los más brillantes, esta temible ecuación no detiene la investigación científica: Samir Amin, Anuar Abdel Malek, Hassan Hamdan, Mohamed Harbi, Abdellatif Laabi y muchos otros realizan trabajos mundialmente reconocidos, pero es difícil hacer escuela cuando las políticas vigilan estrechamente la enseñanza y la investigación, y cuando los

¹¹ Antes de morir, Edward Said dejó una muy significativa descripción autobiográfica de este proceso. Véase Said (1999).

¹² Esta historiadora, que actualmente reside en Estados Unidos, escribió un corto ensayo biográfico sobre su itinerario que resulta muy interesante. Véase Fawaz (1998).

nuevos estudiantes, en este caso ingresando en masa después de la democratización, ya no tienen las mismas motivaciones.¹³

Hay que señalar que durante las primeras décadas posteriores a las declaraciones de independencia, se manifestaron dos fenómenos importantes: las ciencias sociales son consideradas “peligrosas” por los poderes políticos vigentes –y, en consecuencia, sometidas a vigilancia–, y los esfuerzos estatales se orientaron hacia las carreras tecnológicas y las escuelas de ingenieros, consideradas como las proveedoras de mano de obra calificada para los programas de desarrollo en ejecución. Los índices de profesionalización docente disminuyen, los equipamientos necesarios para la enseñanza y la investigación no se renuevan, los ingresos de los docentes –en gran parte de origen popular– no alcanzan para asegurarle una vida decente para ellos y sus familias. Las universidades se pauperizan.¹⁴

En el momento en que los niveles de profesionalización y los programas de investigación sufren una fuerte disminución, un número importante de universitarios emigran a los países del Golfo, donde se estaban construyendo universidades. Pero esta movilidad es diferente del “exilio” voluntario o forzado de la generación precedente; es una emigración económica, y los docentes investigadores que parten no atienden a otro asunto que a la compensación monetaria. Las ciencias sociales se funcionalizan, y la actividad de investigación es prácticamente abandonada en beneficio de la enseñanza.¹⁵ En las universidades de origen, los valores del academicismo son erosionados esta vez por las condiciones profesionales y sobre todo por las condiciones de vida, que se deterioran rápidamente.

¹³ Los datos disponibles indican un aumento vertiginoso del número de alumnos en las últimas décadas. Una tasa de crecimiento del 9% en la mayoría de los países convertirá rápidamente a las universidades previstas para las élites en una masa de futuros profesionales para los cuales no se ha previsto ninguna salida laboral.

¹⁴ Actualmente, el salario de un profesor varía de 1.500 euros al mes en el Líbano a 250 en Siria, 300 en Egipto y en Argelia, 800 en Túnez, y 1.000 en Marruecos. Para cubrir sus necesidades, muchos de ellos están obligados a tener diversas ocupaciones, en tanto otros están completamente alejados de su profesión: choferes, pequeños comerciantes, etcétera.

¹⁵ La valorización científica, la más importante para un investigador, es débil si no nula para los universitarios emigrados a los países del Golfo. Es diferente para sus colegas que partieron rumbo a Europa o Estados Unidos. Los compromisos del campo, para citar a Bourdieu, pesan poco en el primer caso. Con el tiempo, algunos investigadores brillantes se transformaron en vulgarizadores, sobre todo, con la aparición de grandes diarios árabes como *Al Hayat* o *Asbarq Al Awsat* y más tarde con las nuevas cadenas de televisión. Los países del Magreb poco o no han tenido esta emigración masiva hacia el Golfo, de allí la existencia de una mayor reserva con respecto a este nuevo estilo de valorización del saber por parte de la *doxa*. La controversia que enfrentó en su momento al filósofo marroquí Al Jabiri con su colega egipcio Hassan Hanafi es muy significativa. Este desplazamiento fuera del campo científico hacia la gran vulgarización tiene también efectos sobre las formas de valorización: para publicar, preferimos la ligereza del ensayo al peso de la gran obra, las páginas de los grandes diarios a las de las revistas especializadas, los grandes coloquios a los pequeños seminarios.

Surge una nueva imagen del compromiso muy diferente a la anterior. En tanto la izquierda de tendencia marxista de las primeras décadas provenía principalmente de las clases medias e incluso de la propia burguesía, los nuevos comprometidos —militantes estudiantes o docentes— son en su mayoría de origen popular o de la pequeña burguesía empobrecida por la recesión económica. Se orientan entonces hacia el islamismo, tanto como postura cognitiva¹⁶ como militancia política.¹⁷ Los campus universitarios vuelven a estar bajo vigilancia policial, las ciencias sociales vuelven a ser consideradas subversivas; los objetos, los campos y las problemáticas están fuertemente influenciadas asimismo por las nuevas corrientes, sobre todo en derecho, pero también en historia, filosofía y antropología.

EL CONSULTOR

Esta figura del investigador en ciencias sociales apareció relativamente tarde en los países árabes. Ha sido favorecida por la degradación de la condición universitaria, pero sobre todo, por la apertura económica y política de los países árabes a partir de las presiones del exterior. Hicieron su aparición las ONG, que rápidamente constituyeron un nuevo mercado para la investigación científica, el Banco Mundial, la Unión Europea, las agencias de la ONU, pero también las grandes fundaciones occidentales propusieron contratos a partir de objetos, campos y problemáticas definidas por ellos mismos. Nociones como “pobreza”, “género”, “gobernanza”, “sector informal”, “violencia”, “desarrollo duradero” o “economía del conocimiento” sustituyeron a “desarrollo”, “clases sociales” o “ideologías”, que devinieron anticuadas. Se practican nuevos métodos, se privilegian los indicadores cuantitativos, se prefieren la informática, internet, la econometría, el sondeo de opinión a los viejos métodos de la encuesta: observación, entrevistas, análisis basados sobre una problemática teórica rigurosa. Los métodos, los objetos, los campos cambian, pero también las discipli-

¹⁶ Filósofos de la estatura de Hassan Hanafi se reconvierten a la nueva escuela; les siguen los economistas, los juristas y los politólogos. Cambian los campos de investigación y los paradigmas; movimientos islamistas, *hiyab* [en un sentido más amplio, *hiyab* refiere al conjunto de normas islámicas que regulan para la vestimenta femenina. En un sentido más restringido, refiere a la prenda con la que las mujeres musulmanas cubren su cabeza y cuello. N. del T.], comunidades y civilizaciones toman el lugar de las “clases” y los sistemas socio-económicos, el culturalismo destrona al materialismo histórico y sus nociones de ideología y alienación. Paradójicamente; este es el momento en el que los enfoques estadounidenses son los más solicitados: Parsons, Merton, Eisenstadt, y sobre todo, los posmodernos.

¹⁷ En Egipto, la mayoría de las asociaciones sindicales estudiantiles, de juristas, de abogados y de ingenieros están dirigidas por corrientes islamistas, y en los demás países, se multiplican las asociaciones estudiantiles o profesionales que adoptan el mismo perfil.

nas se recategorizan; se da salida a las viejas y nobles carreras de filosofía, historia o economía general, que poco interesan a los donantes extranjeros y se reposicionan positivamente la econometría, la psicología, la geografía humana y urbana y la antropología cultural.¹⁸ Este nuevo género se desarrolla al margen de las universidades, pero con la cooperación de reconocidos universitarios, que disminuyen sus actividades propiamente académicas (enseñanza y dirección de investigaciones) en provecho de esta actividad. En efecto, un contrato puede reportar en algunos meses el salario de un año, la difusión internacional del trabajo realizado e incluso la posibilidad de contratos en otro mercado. El reconocimiento académico ya no es el criterio privilegiado del éxito universitario.

Tanto los “académicos” como los “comprometidos” son así arrinconados por la irrupción en el campo de las ciencias sociales de esta nueva figura. El movimiento está todavía en sus comienzos; en este estadio, no es posible más que plantear algunos interrogantes relativos a su porvenir y su influencia futura sobre los contenidos de la enseñanza y la investigación en ciencias sociales, al academismo y sus valores, al compromiso y sus riesgos y, de modo más general, sobre las nociones de campo y comunidad científica.

Hace ya tiempo que Max Weber reflexionó sobre las complejas relaciones entre “el científico y el político”. Hoy se construye una tercera figura –pero no solo en los países árabes– la del “consultor”, que ya existe en otras regiones, en América Latina, África, Europa y en Estados Unidos. Sin embargo, en los últimos dos casos –y en menor medida en ciertos países grandes con una fuerte tradición universitaria como Brasil, la Argentina, Venezuela, India o Sudáfrica–, el peso de los valores universitarios continúa operando sobre las comunidades científicas, así como sobre los criterios de evaluación de la investigación científica.

De momento, estas tres figuras del investigador en ciencias sociales pueden encontrarse en todos los países árabes, en las combinaciones más diversas, según las disciplinas y el país.¹⁹ Es posible observar, en ocasiones, en un mismo investigador, una mezcla de los diferentes posicionamientos: académico-comprometido, académico-consultor o incluso académico-comprometido y consultor, en las proporciones más diversas.

¹⁸ Nos sorprendió descubrir que en la Universidad de Argel había 18 mil estudiantes en la Facultad de Derecho. La explicación: con el movimiento de privatización que se extiende a todas las formas de propiedad, el oficio de escribano está siendo muy solicitado. La antigua carrera de política internacional, que atraía a los estudiantes más brillantes en la década de 1960, hoy es la menos favorecida.

¹⁹ Podemos considerar estas nociones como tipos ideales en el sentido weberiano antes que como representaciones “promedio” en el seno de una sociología positivista durkheimiana.

LOS ESPACIOS DE INVESTIGACIÓN

La investigación es una actividad social y el investigador que la desarrolla se integra en una sociedad con sus compromisos, sus valores, sus normas, sus sanciones y sus compensaciones. Pero mientras que para la mayoría de las demás actividades sociales el criterio determinante sigue siendo el salario o la remuneración económica, la valorización de la actividad científica obedece a mecanismos más complejos. Muchos investigadores, principalmente de ciencias humanas y sociales, viven hoy en condiciones socioeconómicas muy duras,²⁰ lo que ha generado además el menoscabo de la profesión y la huida de muchos de ellos hacia otros sectores; aunque hay científicos que permanecen realizando su trabajo. Es de estos últimos de los que se habla en este artículo.

Como sus colegas de otras regiones del mundo –en África, América Latina, Asia o incluso de ciertos países de Europa–,²¹ ellos tratan de mantener una actividad científica en su disciplina a pesar de la degradación de sus condiciones de vida. Es que para todos, la valorización de su “oficio” de investigador comprende otros criterios además del socioeconómico *stricto sensu*; en este caso, la noción de “éxito” no depende exclusivamente del ingreso mensual.²²

¿Cuáles son sus compensaciones y cómo operan en la orientación de las investigaciones en ciencias humanas y sociales en los países árabes? El texto que sigue no es por el momento más que las pistas de una investigación que comienza y deben considerarse hipótesis de trabajo.

Se distinguen tres formas de valorización que a menudo se solapan y le dan a la investigación en ciencias humanas y sociales en esta región del mundo una mayor complejidad.

LA “COMUNIDAD CIENTÍFICA”

Un historiador, un sociólogo, un filósofo, un jurista inscriben su actividad en un campo académico fuertemente jerarquizado, marcado por etapas (maestría, doctorado, publicaciones en revistas reconocidas, con editores prestigiosos, etc.). Trabajan bajo el control de sus “pares” y miden su grado de éxito princi-

²⁰ Este es el caso particular de Egipto, Argelia y Siria, donde el salario medio de un profesor de dedicación exclusiva no supera los 400 euros al mes.

²¹ Los salarios del personal universitario en Europa presentan diferencias muy importantes según los países. En Inglaterra o Italia, el salario de un profesor es equivalente al de un técnico superior; en Francia o España, al de un ejecutivo de una empresa. Es en Alemania donde se pagan los mejores salarios.

²² También en este caso, la mayor o menor parte del criterio económico depende de los países. En Estados Unidos y desde hace algunos años en Gran Bretaña, ocupa un lugar más importante que en Europa, y las estrategias de los investigadores se orientan fuertemente en función de este criterio.

palmente por sus juicios. En principio, sus trayectorias profesionales están ceñidas por completo al lugar que ocupan y ocuparán en sus disciplinas y, en mayor medida, por el campo que abarca la comunidad científica a la que pertenecen y que a menudo sobrepasa el espacio nacional. La noción de comunidad científica supera en este caso el de la universidad, el país o incluso de la región. Es el primer espacio de la investigación científica, donde ya se plantean problemas inquietantes.

Una comunidad científica no se crea por un decreto, es el resultado de un largo proceso intelectual e institucional, con frecuencia, complicado. Pasaron décadas para que Durkheim impusiera la realidad de la disciplina “sociología” a la universidad francesa, y todavía hoy en muchas universidades europeas y estadounidenses esta disciplina está fundida en el conjunto “ciencias sociales”. Algunas disciplinas todavía inclasificables como la demografía, la geografía, el psicoanálisis y en general, el conjunto ciencias humanas y sociales, está sujeto permanentemente a nuevas recomposiciones que entrañan diferentes jerarquías y suscitan la reconfiguración de las comunidades científicas.²³ Para los países árabes, las universidades modernas fueron al comienzo una creación de las naciones dominantes (Francia, Gran Bretaña, Estados Unidos...), e incluso tras las declaraciones de independencia, esas universidades han estado apremiadas para adaptarse al movimiento mundial, so pena de decadencia. Los compromisos del campo científico son tanto nacionales como fuertemente internacionales en la medida que las universidades locales deben seguir –aunque con algún retraso– los movimientos de recomposición de los países del Norte,²⁴ que obedecen a dinámicas endógenas y que por lo tanto no son necesariamente adaptables al contexto local.

En ciertos países, principalmente los países del Magreb, Egipto, El Líbano y en algunas disciplinas en Siria, algunas universidades han tenido éxito en motivar la vocación de los investigadores y en construir comunidades científicas (Maroun, 2002). El registro minucioso de los títulos de posgrado obtenidos entre 1990 y 2000 en el campo de las ciencias sociales en El Líbano da una idea de la consistencia de esta comunidad académica y de su actividad.²⁵

23 La biología está transformándose imperceptiblemente en una ciencia humana al tiempo que en una subdisciplina de la psicología; el cognitivismo se aproxima a las ciencias exactas, etcétera. En tanto, la filosofía, que a comienzos del siglo pasado era “la madre de las ciencias humanas”, hoy es el pariente pobre en las facultades del mismo nombre.

24 Habría que tener en cuenta también el grado de competitividad entre las universidades estadounidenses y las locales en El Líbano y Egipto, así como las fuertes presiones de los medios francófonos en el Magreb, en relación con las universidades francesas.

25 En el marco del proyecto ESTIME, se están realizando registros análogos para la mayoría de los países árabes. Suponemos que dentro de algunos años dispondremos de una idea fiel de esta actividad para toda la región.

En verdad, un análisis más fino debería conducir a una clasificación temática más precisa que permitiera evaluar las orientaciones principales de las investigaciones así como las elecciones de los investigadores y de sus directores de investigación.

El análisis de las subdisciplinas y de los campos abarcados en las investigaciones muestran, en una primera lectura, una distribución completamente clásica de los centros de interés, con algunos picos para la sociología política, la antropología social y la socioeconomía del desarrollo. Curiosamente, la sociología de las religiones ocupa un lugar mínimo en la temática general. Se supone que se encontrará la misma estructura en los demás países, tal vez con la excepción de Marruecos, donde la sociología ha estado prohibida durante las primeras décadas posteriores a la independencia.

Se ha planteado al comienzo de este apartado, que el espacio árabe de la ciencia es más complejo para analizar, con respecto al de los países europeos. En el título general de la obra editada por A. Beydoun [*Les orientations en sciences sociales et les besoins de la société libanaise*], así como en los diferentes artículos que contiene, se insiste sobre los lazos que hay que establecer entre la investigación y las necesidades sociales. Se encuentra nuevamente aquí, como en muchas otras universidades árabes y también en las de otros países del Sur, la reivindicación de una ciencia “útil” que responda a las necesidades sociales locales. Consideramos que es el indicio de una voluntad de autonomía de la investigación nacional y de la necesidad de salir de una situación de dependencia científica *vis-à-vis* las universidades de los países del Norte.

Pero lejos de expresar un deseo de desconectarse totalmente de la comunidad científica mundial, consideramos, por el contrario, que se trata del signo de una profunda maduración de la comunidad científica local y de su deseo de abandonar un mimetismo empobrecedor. En verdad, esta conciencia puede pervertirse y conducir a posicionamientos de repliegue sobre sí mismo, que se validan demagógicamente en las nuevas teorías de algunos campus estadounidenses tales como “la etnometodología” o “la posmodernidad”. Con el tiempo, se verá a qué caminos puede conducir esta actitud. Evidentemente, este no es el caso, y la prueba nos la ofrece el número de tesis defendidas en Francia por investigadores árabes.²⁶

Entre 1973 y 1987, fueron defendidas en las universidades francesas 1.584 tesis de maestría y doctorado por parte de investigadores de Argelia, Túnez y Libia, 1.411 de Mauritania y Marruecos y 1.684 por investigadores de Medio Oriente y de los países del Golfo.

²⁶ Véase el repertorio de las tesis defendidas entre 1973 y 1987 en el campo de las ciencias humanas y sociales, IREMAM (1990).

Esta intensa actividad debería completarse con los datos relativos al mundo angloparlante, lo que nos permitiría tener una visión general de las comunidades científicas árabes en ciencias humanas y sociales a través de su doble inscripción, nacional y mundial (europea y occidental).

Ciertamente, esta doble inscripción es la marca distintiva de los *social scientists* de los países árabes y lo que nos puede dar pistas de investigación sobre las estrategias desplegadas por los investigadores o los grupos de investigadores en cada caso. En efecto, se destaca que la actividad científica “en el exterior” también es intensa, en ocasiones más intensa que en el interior, es decir, que en el país de origen. Esto nos lleva a pensar que, en este caso, la carrera de investigación se realiza sobre la doble inscripción, sea para reforzar la posición local en la universidad de origen, sea para continuar la carrera en el extranjero. De allí la necesidad de valorizar el trabajo en ambos lugares, así como por los pares locales y extranjeros para mantener esa posición “a caballo” entre dos campos.²⁷

Esta posición incómoda parece ser el precio a pagar para mantenerse como integrante de la comunidad de investigadores y terminar la carrera como tal. Pero son posibles otras estrategias y las abordaremos a continuación.

EL ESPACIO ÁRABE

Como se ha indicado, a pesar de la comunidad de idiomas e intereses, los países árabes no han podido o querido crear un campo árabe para las investigaciones científicas, sean humanas y sociales o exactas y tecnológicas. Las relaciones institucionales entre las universidades de los diferentes países se reducen a la diplomacia mínima y a los muy débiles intercambios de estudiantes, docentes e investigadores. En cambio, quienes han posibilitado los encuentros transversales, regionales, han sido las asociaciones profesionales como las de los economistas, politólogos, sociólogos, etc., o de los centros para académicos como el Centre des Études pour l'Unité Arabe de Beirut²⁸ o la Fundación Abdel Aziz Saoud de Casablanca²⁹ o aun ciertas fundaciones extranjeras como la Fundación Ford, o centros franceses como el Institut de Recherche sur le Maghreb Contemporain en Túnez, el Centro Jacques Berque en Marruecos, el Centre d'Études et de documentation Économiques, Juridiques et Sociales en El Cairo, el Centre

²⁷ De hecho, un sociólogo francés no precisa de más reconocimiento que el de sus “pares” en Francia, y en segundo lugar, de los del extranjero. Lo mismo ocurre en el caso de un académico alemán o inglés.

²⁸ Este centro publica una revista trimestral, organiza coloquios y edita obras que cubren la mayoría de los países árabes.

²⁹ Esta fundación creó un importante centro de documentación, publica una revista trimestral y alberga seminarios y coloquios científicos a lo largo del año.

d'Études et de Recherches sur le Moyen-Orient Contemporain (convertido en el Institut Français de Proche-Orient) en Medio Oriente. Este es el primer nivel de apertura, el más interesante para un análisis de la emergencia de una comunidad científica árabe, es decir, regional.

Pero la apertura de los investigadores árabes de diferentes países a la región en su conjunto, las investigaciones compartidas y la formación de una comunidad científica regional continúa siendo casi imposible sin la acción institucional de los estados y de las academias del Estado. Son, pues, las iniciativas individuales, las instituciones extranjeras, las asociaciones quienes han construido los primeros lazos, pero estos lazos, frágiles, aleatorios, no pueden sustituir a una organización institucionalizada que debería crear los cimientos para la emergencia de una comunidad científica árabe. Siendo que no existe, el paso de un campo nacional ya débil (Egipto, El Líbano, Túnez, Marruecos, etc.) a la región en su conjunto no estaría asegurado por mecanismos, criterios y normas que una comunidad científica, a esta escala, solo podría esbozar. El paso se hace pues en el desorden, y si bien permite a las diferentes comunidades científicas nacionales conocerse mejor, también ha generado muchas desilusiones.

Operada a través de casas editoriales que no tienen comités de lectura especializados y que a menudo buscan un beneficio inmediato, se favorece un debilitamiento del nivel científico de los trabajos y vuelve inútil el juicio de los pares. Las grandes tiradas son dato suficiente para los editores para fijar sus políticas editoriales. Los investigadores de renombre sucumben a esta valorización "por la *doxa*", ganando en los dos tableros: la compensación económica y el reconocimiento, no por los filósofos si se es filósofo, o por los historiadores si se practica la historia, sino por una multitud de lectores anónimos que el mercado árabe provee en cantidad.³⁰ La edición masiva favorece, por lo tanto, un nuevo estilo de obra, "el ensayo", más simple de redactar, más fácil de leer, más rápido de escribir.

Cuando se añaden los grandes medios masivos de comunicación, la escena se completa. Los grandes diarios árabes de difusión regional se apuntan al juego y las páginas de los jueves o los viernes acogen y corrompen así a los investigadores de calidad que se convierten en divulgadores, inmediatos comentaristas de las nuevas cadenas de televisión regionales.³¹

³⁰ Hay que señalar que, si bien es más fuerte e intenso, este movimiento no es exclusivo del mundo árabe. Existe hace tiempo en Estados Unidos, y en Gran Bretaña data de la reforma universitaria realizada durante el gobierno de Margaret Thatcher y que obliga a los científicos a intervenir a menudo en los medios escritos y televisivos. En Francia, ha puesto de relieve, sobre todo, a filósofos de segunda mano, politólogos y economistas que ofrecen charlas y escriben continuamente ensayos, alimentando las secciones culturales de los grandes periódicos y estaciones de radio: B. H. Levy, A. Finkelkraut, A. Adler, A. Minc, etcétera.

³¹ Bourdieu señala que el campo de las ciencias sociales está en una situación muy diferente a

Se constituye así un espacio árabe pero fuertemente desconectado del *ethos* de una comunidad científica consistente. Se destaca, en particular, a partir de los temas favoritos de sus intervenciones públicas para los editores, la prensa o la televisión; identidad, conflicto de civilizaciones, asuntos geopolíticos son los más solicitados. Una parte de los investigadores, en ocasiones muy brillantes, abandonan carreras científicas muy exigentes y poco rentables por una actividad “de público masivo”, con compensaciones simbólicas y materiales muy ventajosas.³²

El tercer nivel de apertura regional es el del inmenso mercado de docentes ocasionado por la creación de universidades en los países del Golfo. Muchos universitarios de Medio Oriente, Egipto, El Líbano y Palestina emigran para desempeñar tareas docentes bien remuneradas, pero sin perspectivas de carreras de investigación, aún inexistentes. De este modo, han contribuido al empobrecimiento de las comunidades científicas locales emergentes.³³

LA GLOBALIZACIÓN

La actividad científica no esperó a que las instituciones de Bretton Woods organizaran la globalización para desplegarse más allá de los límites de los imperios y las naciones. Los campos científicos internacionales han existido desde antiguo porque la racionalidad que regía los intercambios entre los sabios e investigadores era compartida por todos. Santo Tomás de Aquino fue discípulo de Averroes y el álgebra, el tornó, incluso el conocimiento sobre la circulación de la sangre no

los demás campos científicos por el hecho de que tiene por objeto al mundo social y que pretende producir una representación científica. Cada especialista no solo está en competencia con los demás expertos sino también con los profesionales de la producción simbólica –escritores, políticos, periodistas– y, en un sentido más amplio, con todos los agentes sociales que con las fuerzas simbólicas y con éxito muy desigual, trajinan para imponer su visión del mundo. De este modo, desde el punto de vista del grado de autonomía respecto de los poderes externos, públicos o privados, la ciencia social se ubica a mitad de camino entre dos límites; por un lado, los campos científicos más puros como las matemáticas –donde los productores no tienen otra clientela posible que sus competidores–, y por el otro, los campos políticos o religiosos o incluso periodísticos –donde el juicio de los especialistas es más y más a menudo sometido al veredicto del número bajo todas sus formas; plebiscito, sondeos, cifras de venta o *rating* y que conceden a los profanos el poder de elegir entre productos que no están en condiciones de evaluar (Bourdieu, 1995: 5).

³² Este fenómeno es mucho más importante en Medio Oriente que en el Magreb. Nuestra hipótesis es que en las universidades magrebíes se ha mantenido un nivel relativamente fuerte de compromisos académicos que retardaron este paso; la segunda hipótesis es que existe un mercado potencial de lectores más reducido.

³³ Los emigrados a los países del Golfo no están en la misma posición para continuar sus investigaciones que aquellos instalados en Europa. Los últimos se enriquecen individualmente y pueden contribuir al progreso de sus grupos de origen con los nuevos saberes adquiridos en las universidades europeas. En cambio, los primeros a menudo interrumpen la continuidad de sus investigaciones.

permanecieron en propiedad de los árabes, los chinos o los persas. La noción de “comunidad científica” adoptada desde el comienzo del texto es, por definición, “transétnica”. Lo que está pasando hoy con respecto a la noción de “globalización-mundialización”, en particular en el nivel de los conocimientos y sobre todo en ciencias humanas y sociales, es un nuevo proceso. Las instituciones transnacionales como el Banco Mundial, las agencias de la ONU, las fundaciones con gigantesca capacidad financiera y material –dotadas de tecnologías organizacionales, de comunicación y de información impresionantes–, se presentan hoy como los centros mundiales de conocimiento. Son, por decirlo así, las universidades “globales”, y proponen métodos, paradigmas y programas de investigación idénticos a todas las comunidades científicas nacionales. Pero estos modelos “mundializados” son menos el resultado de “un debate universal” entre los miembros de la comunidad científica reconocidos como tales que el “consenso operativo” de una ortodoxia sostenida por relaciones de fuerza en las que el argumento de la racionalidad resulta relativamente débil frente al poder financiero, organizacional, y finalmente, político de estas instituciones internacionales. Aquello que algunos investigadores llamaron el “Consenso de Washington”³⁴ se impone menos por las capacidades propiamente científicas de persuasión que por los medios materiales y financieros desplegados para obtener el respaldo de los investigadores en busca de proyectos.

Se puede destacar además que este proceso de mundialización comienza por los países más duramente afectados por las crisis económicas y políticas, y que han acarreado el recorte de los presupuestos asignados a la investigación científica y a las universidades: África, el mundo árabe, América Latina y los países del sur de Asia. En efecto, es en esas regiones del mundo donde el sistema educativo y universitario ha sufrido en mayor medida las políticas de ajuste estructural³⁵ que conllevan la asfixia de los programas nacionales de investigación, en particular en ciencias humanas y sociales. Los nuevos programas, propuestos por las instituciones internacionales, no tienen dificultad para imponerse y sustituir progresivamente a los proyectos de investigación endógenos. El paradigma es, con algunas adaptaciones locales, casi el mismo: desarrollo duradero, pobreza, gobernanza, derechos humanos, género, sociedad y economía del

³⁴ Véase, sobre todo, el trabajo de Yves Dezalay y Bryan Garth (1998) sobre las trayectorias de los *think tanks* en las instituciones de Bretton Woods y las grandes universidades estadounidenses.

³⁵ En ocasión de una encuesta realizada para doce países africanos sobre la situación de las ciencias, se destaca que más de la mitad de los investigadores de alto nivel formados después de las declaraciones de independencia habían dejado su país de origen. Países importantes como Nigeria, que tenía una comunidad científica mundialmente reconocida, se han desmoronado; en la mayoría de los demás –con la excepción de Sudáfrica y los países del Magreb–, no se dispone de los medios para financiar los programas de investigación y están sometidos de facto a las condiciones de los financiadores extranjeros.

conocimiento, NTIC... Cada una de las nociones está acompañada de todo un programa con sus métodos –sobre todo cuantitativos–, sus indicadores, sus perspectivas, en tanto la ciencia se establece como normativa, y sus conclusiones, frecuentemente axiológicas.

Lo que es notable es que el proceso no es uniforme; en países tales como los de América Latina o la India –donde las comunidades científicas se mantienen fuertes, adosadas a universidades sólidas y sostenidas por el Estado–, la acción “epistemológica” de estos modelos permanece contenida y se desarrolla, de alguna manera, en los márgenes del campo académico propiamente dicho;³⁶ por el contrario, esta acción es más fuerte y más profunda en los países africanos. En los países árabes, es posible destacar (evidentemente, esto debería probarse empíricamente) que es más fuerte en los países de Medio Oriente que en los del Magreb.³⁷ Tal vez se deba a la mayor presencia de ONG de investigación en el primer grupo de países, en tanto que en el segundo, el movimiento está todavía en sus inicios.

Como sea, enclave marginal o segmento importante del campo científico árabe, la formación de este nuevo espacio plantea problemas muy interesantes para el análisis; ¿qué lugar ocupa en los países concernidos?, ¿qué campos y qué disciplinas son las más solicitadas?, ¿qué relaciones mantienen con la comunidad universitaria y qué efectos de arrastre tiene sobre sus miembros y sobre los programas de investigación académica?, pero también sobre los proyectos de tesis doctorales y de maestría, sobre los cursos de enseñanza, los métodos, las problemáticas y los temas específicos de este paradigma.

CONCLUSIONES

Las ciencias humanas y sociales en los países árabes atraviesan hoy un período de profundas transformaciones de resultado incierto. Por el contrario, es posible observar y analizar las líneas de fuerza de estas transformaciones ligándolas simultáneamente a las tradiciones científicas y académicas acumuladas por las grandes universidades de esos países, a las recomposiciones que han ocurrido en los campos científicos en otras regiones del mundo y, finalmente, a la evolución política, económica y social de los propios países árabes.

Entre los grandes temas de este período hay dos que resultan importantes: 1)

³⁶ Sobre este tema, véase el excelente artículo de Maria Rita Loureiro (1995). La autora pinta un cuadro muy interesante comparando la ubicación de los economistas en los sistemas universitario y político respecto de la de los sociólogos.

³⁷ Un indicador: los reportes del PNUD sobre el mundo árabe tuvieron un impacto mucho más importante entre los científicos y la opinión pública de Medio Oriente que entre los del Magreb, donde permanecen prácticamente inadvertidos.

mantener la investigación científica en el cuadro de las lógicas académicas y universitarias al tiempo que se refuerzan y consolidan los sistemas universitarios; 2) construir un espacio árabe para las ciencias de manera de alcanzar una “masa crítica” en el seno de la cual las investigaciones puedan desplegar sus fuerzas comparativas e ingresar en igualdad de condiciones en el campo mundial de la “confrontación universal”, contando, por supuesto, con los instrumentos de la ciencia como únicas armas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bourdieu, P. (1995), “La cause de la science”, *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, N° 106-107, pp. 3-10.
- Dezalay, Y. y B. Garth (1998), “Le ‘Washington Consensus’. Contribution à une sociologie de l’hégémonie du néolibéralisme”, *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, N° 121-122, pp. 3-22.
- Fawaz, L. (1998), “Swimming Against the Tide: Personal Passions and Academic Fashions”, *Middle East Studies Association Bulletin*, vol. 32, N° 1, pp. 2-10.
- Gladman, A. (ed.) (2004), *The Europa World of Learning*, Londres, Europe Publications Ltd.
- IREMAM (1990), *Le monde arabe et musulman au miroir de l’Université française*, Aix en Provence, IREMAM.
- Lacheraf, M. (2001), *Lieux et memoires*, Argel, Casbah editions.
- Laroui, A. (1972), *L’idéologie arabe contemporaine*, París, Maspéro.
- Loureiro, Ma. R. (1995), “L’ascension des économistes au Brésil”, *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, N° 108, pp. 70-78.
- Maroun, I. (2002), “Le Liban à travers la sociologie universitaire”, en Beydoun, A. (ed.), *Les orientations en sciences sociales et les besoins de la société libanaise*, Beirut, UNESCO.
- Said, E. (1999), *Out of Place: A Memoir*, Granta Books, Londres [en español (2000), *Fuera de lugar. Memorias*, Barcelona, Grijalbo Mondadori].
- Shayegan, D. (1998), *Le Regard mutilé*, París, Editions de l’Aube.
- Waast, R. y J. Gaillard (orgs.) (2002), *L’état des sciences en Afrique*, París, IRD.

SECCIÓN TEMÁTICA

NANOCIENCIAS Y NANOTECNOLOGÍAS EN AMÉRICA LATINA. EL DESAFÍO DE ARTICULAR LA VARIEDAD DE LOS ESTUDIOS SOCIALES SOBRE LAS NANOCIENCIAS Y NANOTECNOLOGÍAS

NOELA INVERNIZZI
DOMINIQUE VINCK
(EDITORES)

PRESENTACIÓN

NOELA INVERNIZZI Y DOMINIQUE VINCK

En el correr de esta década varios países de América Latina han comenzado a promover el desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología. Estas áreas de vanguardia, muchas veces anunciadas como base de una revolución tecnológica en ciernes, han tomado un lugar de destaque en las agendas y los presupuestos de ciencia, tecnología e innovación en algunos países de la región. Brasil y la Argentina han formulado políticas nacionales de nanotecnología; algunos países como México, Colombia y Chile están siguiendo caminos menos estructurados; otros aún están en un estado más embrionario.

Gestada en un contexto de creciente concentración del poder económico, exacerbación de la competencia en los mercados globales, rígido control de la propiedad intelectual y marcada polarización en la distribución de la riqueza entre y dentro de los países, la nanotecnología es vista como nueva oportunidad competitiva para los países en desarrollo, o bien es considerada un elemento reforzador de tales tendencias. Al igual que otras revoluciones tecnológicas, la nanotecnología traerá emparejadas, sin duda, transformaciones económicas y sociales, tales como una nueva división internacional del trabajo, cambios en la estructura industrial, y reorganizaciones en el empleo. Ya se discute el surgimiento de nuevos riesgos para la salud y el ambiente asociados a los procesos y productos de la nanotecnología. Se redimensionan los dilemas éticos ante las nuevas posibilidades de control social y de las libertades individuales, los nuevos umbrales de intervención tecnológica en los seres humanos (*human enhancement*) y el uso de la nanotecnología para la guerra. A pesar de su relevancia, tales cuestiones apenas comienzan a ser estudiadas desde la tradición de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología en América Latina.

La investigación en ciencias sociales sobre la nanotecnología es realizada por varias disciplinas que convergen sobre dos órdenes de problemáticas que, pensamos, necesitan articularse y cuestionarse entre sí. Por un lado, se investigan las dinámicas científicas y tecnológicas. Es decir, los procesos de producción de conocimiento y de artefactos, incluyendo los cambios en las prácticas científicas, en la organización del trabajo, en las identidades profesionales y en su rol social; los procesos de innovación, de cambio organizacional, institucional y profesional; y la inscripción de las novedades en la sociedad mediante procesos de educación, popularización, democratización de la innovación, regulaciones colectivas, creación de nuevos mercados, etc. Los investigadores en ciencias sociales –sociólogos, economistas, políticos, historiadores, antropólogos– se encuentran, en este ámbito, con problemas de gestión del cambio político, institucional y empresarial.

Por otro lado, se investigan los procesos sociales que ocurren fuera de los laboratorios: empresas, redes de cooperación científica y tecnológica y consejos políticos. Tales desarrollos se tornan visibles en los debates que se exponen en la sociedad con relación a la percepción de riesgos y de beneficios de la nanotecnología y a su distribución diferenciada entre varias categorías o grupos sociales dentro de una sociedad local, o entre varias regiones del mundo. Esta tradición de estudios trata también de entender los procesos de aprendizaje mediante la concientización, educación y construcción de un conocimiento propio y alternativo, la invención de nuevos usos y comunidades de usuarios de las tecnologías, la construcción de la aceptación, del rechazo o del desvío de los nuevos productos y sistemas, así como los procesos de participación y democratización en torno a la ciencia y la tecnología y la incidencia de tales procesos en la agenda política y la dinámica industrial.

La primera problemática ha llevado a entender mejor los procesos que ocurren dentro de los laboratorios y en el seno de las decisiones industriales y políticas, ya sea desde la perspectiva de facilitar el cambio tecnoeconómico o para desarrollar críticas y alternativas. Ello ha supuesto acercarse a los actores científicos, industriales y políticos, y comprometerse, en parte, con ellos. De la misma manera, desde el segundo tipo de abordaje se ha conseguido entender mejor lo que ocurre dentro de las sociedades en relación con la ciencia y la tecnología, ya sea para facilitar la concepción de alternativas desde la sociedad, o para aumentar las probabilidades de desarrollos tecnocientíficos exitosos. Esto ha requerido acercarse a los grupos más críticos, a los excluidos, a los que pueden perder mucho con estos desarrollos y a los que pueden desviarlos (tal como los piratas). Estos avances, sin embargo, no han conseguido limitar el riesgo al que se enfrenta la comunidad de los estudios sociales de la ciencia y tecnología, de dividirse en dos campos: el que acompaña el cambio técnico económico y el que analiza, desde una posición crítica, la sociedad. La democratización del desarrollo científico tecnológico exige un esfuerzo de la comunidad académica para lograr articular y confrontar los marcos analíticos y los problemas de cada campo, así como traer al centro del debate a los actores humanos y no humanos generalmente excluidos.

Las VII Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESOCITE), realizadas en Río de Janeiro en mayo de 2008, representaron un avance frente a ese desafío. En ellas, una variedad de enfoques y problemáticas pudieron dialogar en un espíritu de respeto mutuo, pero también de confrontación intelectual. El número de *REDES* que presentamos ahora recoge los trabajos sobre nanotecnología que allí se expusieron, y que reflejan esa riqueza que constituye la comunidad de América Latina que se encuentra bajo la bandera de ESOCITE.

Muchos de los temas abordados en ESOCITE desde los estudios sociales de la nanotecnología son prácticamente los mismos que se discuten en Europa y Estados Unidos, tales como la construcción de redes de cooperación y plataformas tecnológicas, las relaciones entre la investigación y la industria, la aceptación social y el debate público, etc. Sin embargo, los trabajos latinoamericanos mostraron interesantes especificidades, resultantes de las condiciones particulares de la región, que generaron, al mismo tiempo, análisis diferentes frente a preocupaciones similares. Tales diferencias no se explican solamente por condiciones recurrentes en los países de América Latina –como la pobreza, el analfabetismo o la falta de inversiones e infraestructura–, sino también por la forma particular en que estos países se inscriben en la división internacional del trabajo científico (Kreimer, 2006) y del desarrollo industrial (véase el concepto de *ciencia periférica* que plantearon Díaz, Texera y Vessuri, 1983) así como por la escasez de instrumentos financieros capaces de influir en las tendencias mundiales (véase la presentación, por Losego y Arvanitis, del último número de la *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol. 2, N° 3, 2008) que se dedica a los conocimientos científicos en los países no hegemónicos).¹ Los artículos de este número de REDES muestran que los países actúan sobre su propia producción de conocimiento en la elección de los socios con los cuales conectarse y colaborar ya sea en la investigación, en el desarrollo tecnológico o en el debate social.

El primer artículo de esta sección temática, de Ailin Reising, nos presenta el desarrollo de instrumentos clave para la visualización y manipulación de estructuras atómicas y moleculares, como el microscopio de barrido de efecto túnel y el microscopio de fuerza atómica. Estos instrumentos no solo facilitaron la convergencia de disciplinas como la física, la química, la biología, la informática y la ingeniería, sino también la de tradiciones de evidencia, generando formatos representacionales analógico-digitales. A partir de una investigación en laboratorios argentinos, la autora caracteriza tales tradiciones con evidencia en la investigación a escala nanométrica, contextualizándolas en las controversias generadas en el interior del campo de la nanotecnología.

Los tres artículos siguientes abordan la dinámica de la investigación en nanotecnología en la Argentina (Matthieu Hubert y Ana Spivak L'Hoste), México (Eduardo Robles Belmont) y Colombia (Constanza Pérez Martelo y Dominique Vinck) analizando las estrategias de formación de redes de investigación. Aquí también el papel de los instrumentos es decisivo. Como muestran los autores, se desarrollan vínculos formales e informales, nacionales e internacionales para contornar las limitaciones de infraestructura de los laboratorios en los diversos países. Excediendo las especificidades de cada país, los autores mapean una ten-

¹ <http://www.cairn.info/revue.php?ID_REVUE=RAC>.

sión entre una tendencia que puede ser vista como generadora de dependencia y subordinación a las agendas de los centros de investigación “del norte” y otra de mayor integración local y entre países de América Latina, que podría abrir perspectivas interesantes de cooperación mirando problemáticas de la región. Así, los investigadores latinoamericanos se encuentran ante el dilema de participar en las colaboraciones internacionales, contribuyendo al fortalecimiento de los países ya hegemónicos, o rechazarlas y arriesgarse a quedar del lado débil de la nueva ruptura tecnológica.

Más allá de la investigación y del medio empresarial, la nanociencia y la nanotecnología penetran de forma más amplia en la sociedad y lo hacen, en buena medida, a través de los medios de comunicación. La información disponible al público lego sobre nanotecnología proporcionada por un diario, tres revistas semanales y dos revistas de divulgación científica en Brasil es examinada en el artículo de Noela Invernizzi y Cibele Cavichiolo. Las autoras destacan una escasa divulgación de información que contrasta con la importancia otorgada a esa área de investigación en las políticas de ciencia, tecnología e innovación. El énfasis está puesto en las promesas revolucionarias de la nanotecnología, con frecuencia bastante especulativas, mientras aspectos como implicaciones económicas, sociales y éticas y los potenciales riesgos de estas nuevas tecnologías son escasos y superficialmente abordados. Este análisis permite caracterizar, dentro de sus límites locales, la trayectoria que está tomando el debate público.

El artículo de Jonatas Ferreira y Rosa Pedro discute las implicaciones culturales, políticas y éticas que emergen de las posibilidades de “perfeccionar” el cuerpo humano, manifiestas por la confluencia entre nanotecnología y biología molecular. Estas tecnologías están tornando cada vez más débiles las fronteras entre lo orgánico y lo inorgánico, entre materia e información, entre lo vivo y lo inanimado, problematizando los significados culturales construidos en torno a tales diferencias. Este tema ha venido adquiriendo creciente relevancia dentro del debate público y, en algunos países, ha tenido impacto en las políticas científicas.

Finalmente, hemos incluido en esta sección temática un artículo que no fue presentado en ESOCITE, sino directamente a la revista *REDES*, casi simultáneamente a la elaboración de este número. En él, Fernando Tula Molina, Sergio Barberis, Federico Vasen y Gustavo Giuliano proponen un nuevo contexto de análisis socioepistémico, el contexto de *implicación*, para reflexionar acerca de los avances de la nanotecnología y sus consecuencias. Cuestionando los “imperativos tecnológicos” y la inexorabilidad del desarrollo tecnológico, los autores ven en este contexto un espacio participativo en el que se pueden discutir, elegir (entre diversas alternativas) y diseñar estrategias epistémicas y sociales que tiendan al desarrollo social.

Esperamos que este conjunto de artículos estimule el interés por el tema y la proliferación de los estudios sociales de la nanotecnología en América Latina, así como las comparaciones entre este espacio y otros campos de producción y uso de conocimientos.

Diciembre, 2008

REFERENCIAS

- Díaz, E., Y. Texera y H. Vessuri (1983), *La ciencia periférica*, Caracas, Monte Ávila.
- Kreimer, P. (2006), “¿Dependientes o integrados? La ciencia latinoamericana y la división internacional del trabajo”, *Nomadas-CLACSO*, N° 24.
- Losego P. y R. Arvanitis (2008), “Conocimientos científicos en los países no hegemónicos”, *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol. 2, N° 3, pp. 1-IX, <http://www.cairn.info/revue.php?ID_REVUE=RAC>.

TRADICIONES DE EVIDENCIA EN LA INVESTIGACIÓN A ESCALA NANOMÉTRICA: UNA APROXIMACIÓN A LA “CULTURA EPISTÉMICA” DEL MUNDO DE LO PEQUEÑO

AILIN MARÍA REISING*

RESUMEN

En la década de 1980, el desarrollo de tecnologías como el microscopio de barrido de efecto túnel y el microscopio de fuerza atómica permitió hacer de la manipulación de estructuras atómicas y moleculares una realidad fácticamente posible. En gran medida, ello obedeció a que estas tecnologías ofrecieron una plataforma ontológica a nivel subatómico, atómico y molecular en torno a la cual, disciplinas como la física, la química, la biología, la informática y la ingeniería conformaron una “cultura epistémica” (Knorr Cetina, 1999), que ha hecho de la revalorización del conocimiento visual un rasgo ineludible de la investigación a escala nanométrica.

Atendiendo a ello, el presente trabajo constituye una aproximación inicial a la caracterización socioepistémica de las prácticas nanotecnocientíficas que explora, a través del análisis de los recursos representacionales usualmente utilizados como evidencia, sus puntos de contacto y de ruptura con la práctica científica tradicional. En este sentido, procura mostrar que si bien la investigación a escala nanométrica se ha constituido fragmentariamente en torno a visiones mecanicistas (Drexler, 2001) y adaptativas (Smalley, 1999) de las nanoestructuras que permitirían establecer un nexo con las concepciones epistemológicas de la ciencia del siglo xx, es posible reconocer, en sus formatos de codificación del conocimiento, una subversión de las “tradiciones de evidencia”, que autores como Peter Galison (1997) han reconocido en la ciencia de ese período.

Con tal propósito, el trabajo se ha estructurado en tres secciones. Una primera que analiza los supuestos epistemológicos, ontológicos y metodológicos de las visiones mecanicistas y adaptativas de las nanoestructuras en vistas a ofrecer una caracterización inicial de la “cultura epistémica” (Knorr Cetina, 1999) del mundo de lo pequeño. Una segunda, que estudia las implicancias epistemológicas de tales visiones en relación con las “tradiciones de evidencia”, que dieron lugar a la posibilidad misma de la investigación a escala nanométrica. Y finalmente una tercera, que aborda, a través de una aproximación empírica a la conformación del campo nanotecnocientífico en la Argentina, el proceso de codifi-

* CONICET, Fundación Bariloche, <ailinr@bariloche.com.ar>.

cación del conocimiento que tiene lugar en torno a los instrumentos de microscopía frecuentemente utilizados en este campo de conocimiento.

PALABRAS CLAVE: CULTURA EPISTÉMICA – CODIFICACIÓN DEL CONOCIMIENTO – TRADICIONES DE EVIDENCIA – INSTRUMENTOS

INTRODUCCIÓN

En la reunión anual de la American Physical Society de 1959, Richard Feynman pronunció la conferencia “There’s Plenty of Room at the Bottom”. Allí planteó que las leyes de la física no contradicen la posibilidad de diseñar materiales mediante mecanismos de enlace atómico en patrones estables, promoviendo el desarrollo de investigaciones en una escala hasta entonces no considerada: la nanométrica. Desde entonces, transcurrieron más de veinte años hasta el momento en que tales investigaciones pudieron trascender el plano teórico y hacer de la manipulación de estructuras atómicas y moleculares una realidad fácticamente posible.

Este logro tuvo lugar cuando Gerd Binnig y Heinrich Rohrer diseñaron el microscopio de barrido de efecto túnel (1982)¹ y cuando, posteriormente, Binnig, junto a Calvin Quate y Christoph Gerber, dieron forma al microscopio de fuerza atómica (1986). Estos instrumentos promovieron que buena parte de las disciplinas ligadas al diseño de materiales –entre ellas la física del estado sólido, la metalurgia y la química de polímeros– reorientaran sus investigaciones de la micro a la nanoescala, pues, a diferencia de los instrumentos disponibles hasta entonces –basados en la manipulación de átomos y moléculas en lotes– permitieron visualizar y manipular individualmente los átomos, construir estructuras atómicas y moleculares según especificaciones y estudiar efectos a escala nanométrica mediante técnicas *bottom up*,² que se sumaron a las técnicas *top down*³ ya utilizadas en las ciencias e ingeniería de materiales.

Así, la investigación a escala nanométrica dio forma a un estilo de investigación que a través de la vía tecnológica ofreció una plataforma ontológica a nivel subatómico, atómico y molecular, que promovió no solo la convergencia de disciplinas como la física, la química, la biología, la informática y la ingeniería,

¹ Por este hecho, Binnig y Rohrer obtuvieron el premio Nobel en 1986.

² Estas técnicas permiten diseñar el material sumando un átomo a otro, dando lugar al estudio de la superficie de distintos metales, semiconductores, superconductores, polímeros, aislantes y materiales biológicos, entre otros.

³ Estas técnicas construyen el material tallándolo, análogamente a como un escultor da forma a una estatua a partir de un bloque de madera, cerámica o mármol.

sino también la revalorización del conocimiento visual. En gran medida, esto último obedeció a que los mencionados instrumentos y sus *softwares* asociados configuraron un formato de codificación del conocimiento que, veremos a continuación, se contrapuso a aquel primordialmente lingüístico que desde fines del siglo XVIII caracterizó a las prácticas de validación y difusión del conocimiento científico. No obstante, como permiten observar autores como Darin Arsenault, Laurence Smith y Edith Beauchamp (2006), ello no constituye un rasgo distintivo de la investigación a escala nanométrica, sino una característica de la ciencia contemporánea. Pues, como señalan los mencionados autores, desde mediados de la década de 1980 es posible advertir que tanto las ciencias fisiconaturales como las ciencias sociales han modificado el rol asignado a las representaciones visuales en sus estructuras argumentativas, si bien unas y otras difieren en: a) el tipo de recurso visual primordialmente utilizado –los gráficos, las tablas, los diagramas, las imágenes 3D y las ecuaciones, en el caso de las primeras, las ecuaciones, las tablas, los diagramas y las fotos, en el de las segundas– y b) en el hecho de que solo las ciencias fisiconaturales parecen basar sus estrategias heurísticas en este tipo de recursos.

De este modo, al igual que lo ocurrido en otros campos de conocimiento,⁴ la investigación a escala nanométrica ha configurado una “cultura epistémica” (Knorr Cetina, 1999) que supone la imbricación de recursos representacionales analógicos y digitales en un contexto que revaloriza el conocimiento visual. Atendiendo a ello, el presente trabajo constituye una aproximación inicial a la caracterización socioepistémica de las prácticas nanotecnocientíficas que explora, a través del análisis de los recursos representacionales usualmente utilizados como evidencia, sus puntos de contacto y de ruptura con la práctica científica tradicional. En este sentido, procura mostrar que si bien la investigación a escala nanométrica se ha constituido fragmentariamente en torno a visiones mecanicistas (Drexler, 2001) y adaptativas (Smalley, 1999) de las nanoestructuras, que permitirían establecer nexos con concepciones epistemológicas de la ciencia del siglo XX, sería posible reconocer, en sus formatos de codificación del conocimiento, una subversión de las “tradiciones de evidencia” (Galison, 1997) en torno a las cuales el propio Feynman vislumbró la posibilidad de manipular estructuras atómicas y moleculares y estudiar fenómenos a escala nanométrica.

Con el objeto de abordar esta situación, el trabajo se ha estructurado en tres secciones. Una primera, que analiza los supuestos epistemológicos, ontológicos y metodológicos de las visiones mecanicistas y adaptativas de las nanoestructuras

⁴ Un proceso similar puede observarse, por ejemplo, en la investigación contemporánea de sistemas dinámicos, caso en el cual recursos representacionales como los mapas de Poincaré pueden constituir tanto el producto final de la investigación como la materia prima de la misma (Reising y Barrachina, 2007a).

en vistas a ofrecer una caracterización inicial de la “cultura epistémica” (Knorr Cetina, 1999) del mundo de lo pequeño. Una segunda, que estudia las implicancias epistemológicas de tales visiones en relación con las “tradiciones de evidencia” que dieron lugar a la posibilidad misma de la investigación a escala nanométrica y, finalmente, una tercera, que aborda, a través de una aproximación empírica a la conformación del campo nanotecnocientífico en la Argentina, el proceso de codificación del conocimiento que tiene lugar en torno a los instrumentos de microscopía que permitieron trascender el plano teórico de la investigación a escala nanométrica.

LAS VISIONES MECANICISTAS Y ADAPTATIVAS DE LAS NANOESTRUCTURAS COMO “MAQUINARIAS DE CONOCIMIENTO” DE LA “CULTURA EPISTÉMICA” DEL MUNDO DE LO PEQUEÑO

En *Epistemic Cultures. How the Sciences Make Knowledge* (1999), Karin Knorr Cetina desarrolla el concepto “cultura epistémica” para referirse a la amalgama de acuerdos y mecanismos que establece cómo se sabe lo que se sabe en un campo de conocimiento. Como señala la autora, la construcción de los mecanismos de producción de conocimiento al interior de una “cultura epistémica” se encuentra determinada por una “maquinaria epistémica” que configura las estrategias epistemológicas, las definiciones ontológicas y los modelos de organización social que operan tras la generación, el procesamiento y la interpretación de resultados.

Tal como han señalado autores como Bernardette Bensaude Vincent (2004) y Octavio Bueno (2004), la investigación a escala nanométrica se ha desarrollado en torno a dos enfoques. Uno de cuño ingenieril, que encuentra en Eric Drexler su principal referente, y otro de cuño científico, que encuentra en Richard Smalley uno de sus exponentes más renombrados.⁵ Como veremos más adelante, las divergencias epistémicas, ontológicas y metodológicas que presentan ambos enfoques resultan tan marcadas que cabría reconocer en ellos la influencia de distintas “maquinarias epistémicas”. En tal sentido, a diferencia de lo ocurrido en áreas como la biología molecular o la física de alta energía, donde la producción de conocimiento se ha asociado a una “maquinaria epistémica” (Knorr Cetina, 1999), en el caso de la investigación a escala nanométrica, la “cultura epistémica” parecería ser modelada en torno a dos “maquinarias epistémicas” que encuentran un punto de contacto en el soporte instrumental que hace posible la investigación.

⁵ Tales enfoques aparecen exhaustivamente descriptos en el número especial sobre nanotecnología de *Scientific American* de septiembre de 2001 y en la correspondencia entre Richard Smalley y Eric Drexler publicada en *Chemical & Engineering News* en 2003, vol. 81, N° 48.

La primera de estas “maquinarias”, representada, entre otros, por Eric Drexler (2001), parece haber dado lugar a una visión primordialmente teórica, orientada a demostrar la posibilidad misma del desarrollo artificial de recursos nanotecnológicos. Desde esta perspectiva, y en consonancia con las concepciones de la biología molecular de la década de 1950, define a las nanoestructuras como “manufacturas moleculares” constituidas por entidades multipropósito que, respondiendo a necesidades lógico-mecánicas, guían las reacciones químicas que posicionan a las moléculas en la construcción de objetos complejos. Si bien menos explícitamente, esta concepción ontológica del nanomundo permite advertir también la influencia de los modelos cibernéticos autorreplicantes desarrollados por autores como Marvin Minsk y von Neumann.⁶

Ello permite reconocer en esta “maquinaria” un doble anclaje en las tradiciones que han modelado las prácticas científicas en el siglo xx. Por un lado, en la tradición mecanicista, en virtud de lo cual se asume al espacio, a la materia y al movimiento como elementos fundamentales de los ensambles moleculares. Por otro lado, en la tradición cibernética, en virtud de lo cual se supone que el funcionamiento de tales ensambles depende de la autorreplicación y el control programático (Bensaude Vincent, 2004; Bueno, 2004). Así, bajo el supuesto de que es posible replicar aspectos biomecánicos de la naturaleza en sistemas moleculares artificiales, esta “maquinaria epistémica” tiende a priorizar las técnicas *bottom up* y a ponderar las tecnologías de la representación por sobre las tecnologías de la intervención (Hacking, 1983).

Por su parte, la segunda de estas “maquinarias epistémicas”, que encuentra en Richard Smalley (1999) uno de sus principales referentes, asume a las células vivas como modelos de distinta variedad y grado de sofisticación de las “manufacturas moleculares”. Desde una perspectiva primordialmente experimental, impugna la visión mecanicista de la “maquinaria epistémica” descrita anteriormente, enfatizando que la naturaleza no constituye un modelo de orden mecánico sino un modelo de diseño que permite desarrollar estructuras susceptibles de ser adaptadas a un conjunto de *performances* (Whitesides, 2001).

En este sentido, esta “maquinaria” supone una redefinición del foco de atención de la visión mecanicista de las nanoestructuras en torno al modo en que las relaciones o interfaces de asociación determinan sus propiedades. De esta forma, contrapone a la concepción ontológicamente homogénea de los ensambles moleculares una visión ontológica heterogénea y multifuncional que remarca la adaptabilidad de los mismos a una variedad de tareas que incluye el crecimiento, la reparación y el reciclamiento de las nanoestructuras (Bensaude Vincent, 2004).

⁶ Si bien Eric Drexler apenas alude a ello, cabe destacar que su programa de la “manufactura molecular” fue desarrollado mientras realizaba sus actividades doctorales en el Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT, bajo la dirección de Marvin Minsky, discípulo de von Neumann.

En este contexto, establece que el propósito último de la investigación no redunda exclusivamente en el desarrollo conceptual de “manufacturas moleculares”, sino también en la exploración experimental de nanoestructuras que si bien pueden no tener *performances* óptimas desde un punto de vista mecanicista, expresan un compromiso eficiente entre sus propiedades intrínsecas y su adaptabilidad a diferentes ambientes. Ello permite identificar en esta “maquinaria epistémica” la influencia de la confianza en la variación ciega y en la selección natural propia de la biología evolucionista. Una confianza que constituida en estrategia epistémica, permite advertir que los nanocomponentes se “mueven por sí mismos” (Ball, 2002) en virtud de una dinámica intrínseca que torna a las propiedades de la materia sensibles, por ejemplo, al tamaño, tal como puede observarse en la variación de color de las nanopartículas de oro. Desde esta perspectiva, la investigación se vale de estrategias metodológicas que resultan susceptibles a los procedimientos utilizados por la naturaleza para generar estructuras nanométricas en la medida en que tratan a los objetos como materiales de procesamiento o estados transitorios en una serie de transformaciones.

A pesar de las divergencias que pueden reconocerse entre ambas “maquinarias epistémicas”, es posible identificarlas como partes de una misma “cultura epistémica” en la medida en que comparten un “terreno común” constituido en torno al andamiaje instrumental desarrollado por Binning, Rohrer, Quate y Gerber.

En virtud de tal convergencia, tanto una como otra “maquinaria” modelan una similar organización del trabajo que asume a los instrumentos como elementos indispensables para el quehacer científico (Bueno, 2004) que, al igual que lo ocurrido en áreas como la física de alta energía (Knorr Cetina, 1999), parecen operar como una suerte de *alter ego* del científico que posee una expectativa de vida y una idiosincrasia propia que lo diferencia de equipamientos análogos.

En este contexto, el “ajuste robusto” entre las concepciones teóricas, los instrumentos y el objeto de estudio al que alude Andrew Pickering (1995) al momento de abordar las prácticas científicas pareciera operar como una instancia que amalgama ambas “maquinarias epistémicas” en una dinámica de trabajo que, tal como veremos seguidamente, configura un formato de codificación del conocimiento que subvierte las “tradiciones de evidencia” (Galison, 1997) del siglo xx.

A PROPÓSITO DE LA RECONFIGURACIÓN DE LAS “TRADICIONES DE EVIDENCIA” DEL SIGLO XX EN EL MARCO DE LAS “MAQUINARIAS EPISTÉMICAS” DE LA INVESTIGACIÓN A ESCALA NANOMÉTRICA

En su texto *Image and Logic* (1997), Peter Galison analiza las vertientes teóricas, experimentales e instrumentales de la ciencia del siglo xx identi-

cando dos “tradiciones de evidencia”: una de carácter visual y otra de carácter lógico.

Tal como esbozara E. Marey en *La méthode graphique dans les sciences expérimentales et particulièrement en physiologie et en médecine* (1878), la primera de estas tradiciones considera que las representaciones lingüísticas resultan inapropiadas para expresar la medida, el rango y/o la relación de un fenómeno respecto a otro. Desde esta perspectiva, se asume a los recursos visuales como representaciones completas, complejas y claras que preservan la forma en la cual una entidad o fenómeno “se presenta” en el mundo (Danston y Galison, 2007). En este sentido, la imagen es asumida como una representación isomórfica que, si bien no opera como una “fotografía de lo que ocurre” que permite al científico “ver directamente” la entidad o el fenómeno estudiado, posibilita: a) establecer las posiciones de las partículas en el marco de relaciones espaciales, b) determinar la posición relativa de una partícula en un momento determinado y c) extraer, a partir de un evento individual, información cualitativa relevante para el estudio y predicción de eventuales réplicas (Staley, 1999; Elkins, 1999).

Por su parte, la “tradicción de evidencia” de carácter lógico pondera los argumentos basados en la estadística y en las probabilidades. Desde esta perspectiva, los fenómenos son analizados en series con el propósito de atender a sus relaciones lógicas y desarrollar demostraciones sobre la base de información, que si bien permite generar agregados estadísticos relativos a los fenómenos en cuestión, resulta parcial en cuanto a las variables o rasgos considerados. En este contexto, los científicos se valen de técnicas mecánicas y/o computacionales que conforman recursos representacionales no isomórficos que, mediante códigos binarios como “sí-no”, “on-off” y/o “0-1”, detectan, identifican, clasifican y cuantifican patrones de ocurrencia (Gooding, 2003). Inicialmente estas técnicas se basaban en contadores automáticos con circuitos electrónicos que especificaban las condiciones en las cuales podía reconocerse un fenómeno, situación que cambió sustancialmente desde fines de la década de 1980 con la incorporación de procesadores que digitalizan el análisis experimental en su conjunto.

De este modo, ambas tradiciones difieren entre sí en cuanto al vínculo supuesto entre la representación y el fenómeno representado. Así, aquellas “maquinarias epistémicas” configuradas en torno a la tradición de evidencia visual suponen que tal vínculo se establece mediante recursos representacionales miméticos, al tiempo que aquellas configuradas en torno a la segunda de las mencionadas tradiciones consideran que el mismo se establece mediante representaciones homólogas para las cuales “A” representa a “B” si, y solo si, la estructura ejemplificada por “B” resulta homomórfica a la estructura ejemplificada por “A” (Elkins, 1999; 2000). Consecuentemente, aquellas “maquinarias” ligadas a la tradición de evidencia visual tienden a codificar la experiencia cognitiva median-

te “representaciones analógicas o proposicionales” que asumen a la experiencia sensorial como instancia primigenia de la generación de conocimiento, mientras que aquellas afines a la tradición de evidencia lógica tienden a hacerlo mediante “representaciones digitales o numéricas” que consideran a la clasificación y a la manipulación simbólica como modalidades primarias del razonamiento (Goodman, 1968).

En este contexto, cabría identificar a las “maquinarias de conocimiento” analizadas en la sección anterior con la tradición de evidencia lógica, en la medida en que el abordaje ontoepistemológico de las nanoestructuras sostenido tanto por la visión mecanicista como visión adaptativa de las nanoestructuras supone la ponderación de argumentos basados en la estadística y en las probabilidades y el uso de representaciones homólogas. Sin embargo, como veremos en el próximo apartado, la relevancia asignada por ambas “maquinarias” al andamiaje instrumental permite también reconocer en ellas el influjo de la tradición de evidencia visual. Un influjo que parece dar lugar a un formato de codificación del conocimiento que concilia el conocimiento ingenieril y el conocimiento físico químico mediante recursos representacionales visuales que suponen habilidades lógicas y matemáticas (Meyer y Kuusi, 2004).

LA INVESTIGACIÓN A ESCALA NANOMÉTRICA EN LA ARGENTINA: UNA APROXIMACIÓN EMPÍRICA AL PROCESO DE CODIFICACIÓN DE RESULTADOS DEL MUNDO DE LO PEQUEÑO

En el contexto latinoamericano, la investigación a escala nanométrica comenzó a ser oficialmente impulsada en el año 2000, paralelamente al lanzamiento de la estrategia gubernamental estadounidense para el desarrollo conceptual y tecnológico de las nanotecnociencias (National Nanotechnology Initiative, 2000).⁷ En aquel entonces, Brasil tomó la delantera lanzando su Programa Nacional de Nanotecnología en el marco de la Iniciativa Científica Milenium.⁸

⁷ Esta estrategia implicó la creación de treinta centros de I+D entre 2004 y 2006, la implementación de programas de formación que se sumaron a los que desde 1986 impulsaba el Foresight Nanotech Institute y una inversión que ascendió de 422 millones de dólares en el año 2001 a 3.000 millones en el año 2003 (Forbes, 2004).

⁸ La Iniciativa Científica Milenium facilitó, mediante créditos del Banco Mundial, la creación de laboratorios especializados en países en vías de desarrollo. En el caso de Brasil, la misma permitió la creación de cuatro Institutos Milenium y dio lugar a una inversión gubernamental en el área nanotecnocientífica de aproximadamente 28 millones de dólares entre los años 2004 y 2007. Otro país latinoamericano que también aplicó a la Iniciativa Científica Milenium fue Chile, a través de lo cual creó el Núcleo Milenio de la Materia Condensada, uno de los únicos centros del país dedicado a la investigación nanocientífica.

Posteriormente y conjuntamente a la implementación de la Estrategia Europea para las Nanotecnologías en el año 2004,⁹ la Argentina comenzó a promover las actividades de investigación y desarrollo a escala nanométrica declarando a la nanotecnología –junto a la biotecnología, la metalmecánica y las tecnologías de la información y la comunicación– como un área de vacancia. Tal impulso fue reforzado al año siguiente, cuando la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SECYT) –actualmente con rango de Ministerio– implementó el Plan de Acción de Mediano Plazo (2005-2015) y el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2006. A través de ambos planes se redefinió a la investigación a escala nanométrica como un área estratégica, estimulando la interacción entre la investigación académica y el sector productivo mediante redes de cooperación que vincularon a grupos del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI),¹⁰ de la Universidad Nacional de General San Martín (UNGSM) y de la Universidad de Buenos Aires (UBA), con empresas como Unilever Argentina, Comandes, Akapol y la Cámara de Fabricantes de Pintura.

A estas acciones, promovidas desde el ámbito científico tecnológico, se sumó en el año 2006 el aval del Ministerio de Economía para la creación de la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN). Constituida en la primera institución gubernamental específicamente dedicada a la promoción y desarrollo de la investigación a escala nanométrica, la FAN recibió una inversión de 10 millones de dólares para sus primeros cinco años de funcionamiento. Dependiente del mencionado Ministerio, esta institución vincula, a través de su comité asesor, a buena parte de los actores científico tecnológicos del país –la SECYT, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), la Comisión Nacional de Asuntos Espaciales, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el INTI, la UBA y la empresa INVAP S.E.– y tiene por objeto: a) crear un inventario de las facilidades tecnológicas disponibles en el país para el desarrollo de nanotecnologías, b) consultar a la comunidad científico tecnológica sobre necesidades, oportunidades y estrategias de apoyo, y c) brindar información sobre la nanotecnología a potenciales usuarios y al público en general.

Esta institucionalización del campo se complementó, meses más tarde, con la creación del Centro de Nanotecnología de Argentina y Brasil, cuyo formato organizativo se inspiró en otras experiencias de cooperación internacional como el Centro Argentino Brasileño de Biotecnología y la Cooperación Latinoamericana

⁹ Tal estrategia dio lugar a la consolidación de una red que integra a más de 12 universidades y centros de I+D y a un plan de acción tendiente a encuadrar las líneas de investigación que se venían desarrollando en programas I+D de mayor envergadura.

¹⁰ En la década de 1980, el INTI desarrolló un microscopio de efecto túnel y logró las primeras imágenes de resolución atómica en América Latina.

de Redes Avanzadas (Programa Marco de Ciencia y Tecnología del Mercosur, 2006).

En lo que atañe al desarrollo académico de la investigación a escala nanométrica, cabe mencionar que los Proyectos para Áreas de Vacancia (PAV) promovidos por la SECYT propiciaron la conformación de tres redes de investigación que entre 2004 y 2007 recibieron una inversión estimada de 300 mil dólares y que han vinculado a instituciones como la CNEA, la UBA, la Universidad Nacional de La Plata y el CONICET. En este contexto, la CNEA, dedicada a la investigación y desarrollo en materia nuclear, comenzó a promover, a través del Centro Atómico Bariloche (CAB) y del Centro Atómico Constituyentes (CAC), la creación de un Centro de Nanociencia y Nanotecnología que tiene por objeto: a) coordinar las actividades en micro y nanotecnología llevadas adelante en la institución, y b) proponer estrategias para el desarrollo de micro y nanotecnologías adecuadas a sus capacidades y objetivos institucionales (CNEA, 2005).¹¹

Este ámbito procura dar un marco institucional específico a las investigaciones que actualmente se realizan al interior de la institución. En particular, en la División de Resonancia Magnética, en la División de Bajas Temperaturas, en la División Metales, en el Laboratorio de Propiedades Ópticas, en el Grupo de Teoría del Sólido, en el Grupo de Superficies y en el Grupo de Caracterización de Materiales del CAB y en la Unidad de Actividad Física, en la Unidad de Actividad Materiales y en la Unidad de Actividad Química del CAC.

En la mayoría de los casos, estos grupos comenzaron a reorientar sus investigaciones hacia la nanoescala a comienzos de la década de 1990, estableciendo colaboraciones formales e informales con grupos nacionales y extranjeros que permitieron: a) estudiar, modelizar y fabricar sistemas nanoscópicos, b) utilizar nanopartículas para detectar e identificar moléculas orgánicas como anticuerpos y proteínas, c) caracterizar materiales con propiedades magnéticas blandas, y d) diseñar dispositivos magnetoelectrónicos. En el caso de los grupos de trabajo primordialmente experimentales, esta trayectoria ha permitido avanzar no solo en el desarrollo conceptual de fenómenos a escala nanométrica, sino también en el modelado de materiales y nanoestructuras susceptibles de ser aplicados a la fabricación seriada de sensores, al almacenamiento y procesamiento de datos y al tratamiento de residuos peligrosos, por mencionar algunos ejemplos.¹²

¹¹ La creación del mencionado Centro ha sido impulsada por el Programa de Coordinación de Proyectos de Investigación y Desarrollo en Ciencias Básicas y por el Área de Ingeniería de la Gerencia de Tecnología y Medio Ambiente de la CNEA.

¹² Estos avances han sido plasmados en revistas internacionales como *Materials Science*, *Physical Review*, *Physical Review Letters* y *App. Physical Letters*. En este último caso, cabe mencionar, uno de los artículos publicados dio lugar a una nota en los "News and Views" de la revista *Nature* en el año 2004.

En gran medida, esto ha sido posible gracias a la disponibilidad de los instrumentos que hicieron de la manipulación atómica una realidad fácticamente posible al permitir analizar composicionalmente las nanoestructuras en cuanto a su tamaño, forma y estado de agregación: el microscopio electrónico de transmisión, el microscopio electrónico de barrido, el microscopio de efecto túnel y el microscopio de fuerza atómica.¹³

Incorporados a los laboratorios locales desde fines de la década de 1980, estos instrumentos parecerían haber contribuido a conformar en los grupos de investigación del CAB una “maquinaria epistémica” que, consistentemente con aquella representada por Richard Smalley, aborda el análisis y el diseño de materiales nanoestructurados mediante estrategias metodológicas que implican: a) el crecimiento y la síntesis de nanoestructuras en medios químicos –inmersión, evaporación, electrodeposición, autoensamblado– en el vacío y en atmósferas controladas, b) la nanoestructuración artificial mediante técnicas litográficas, c) el uso de matrices con nanoporos para la formación de nanohilos, y d) la modificación de superficies por bombardeo iónico.

En este sentido, cabría sugerir que la “cultura epistémica” de la investigación del nanomundo en el contexto local parece contar con una “maquinaria epistémica” que supone una organización sociotécnica del trabajo, la cual destaca no solo el rol epistémico de la interacción científico-artefacto, como ocurre en el caso de las “maquinarias epistémicas” ejemplificadas por Drexler y Smalley (Bueno, 2004), sino también la relevancia cognitiva que posee la integración de distintos institutos, facilidades experimentales y agentes financieros en colaboraciones de carácter nacional e internacional. De esta manera, la “maquinaria epistémica” local asume al carácter colectivo de la investigación como un rasgo necesario para el desarrollo de la actividad nanotecnocientífica. Un rasgo sin el cual no sería posible contar con las muestras –películas delgadas metálicas, aislantes y superconductoras, superredes, nanopartículas magnéticas de metales de transición, aleaciones y nanoestructuras de materiales superconductores, entre otras– que son analizadas en los laboratorios locales mediante instrumentos que, veremos más adelante, habilitan procesos de codificación del conocimiento basados en mecanismos analógico-digitales de detección y registro de señales.

A pesar de sus diferencias en cuanto a la técnica utilizada para amplificar las muestras y a las características que deben tener las mismas en relación con su tamaño o conductividad, los microscopios anteriormente mencionados permiten generar recursos representacionales visuales que, advertiremos a continuación,

¹³ A estos instrumentos caben agregar otros que permiten realizar experimentos a escala nanométrica, entre ellos el espectrómetro de resonancia magnética y el magnetómetro.

diluyen la distinción establecida por Galison (1997) entre las “tradiciones de evidencia” del siglo xx.

A diferencia de los microscopios ópticos, los microscopios electrónicos de transmisión poseen una limitación de resolución que está dada no por la longitud de onda de la luz¹⁴ sino por el tipo de lente utilizado. Ello se debe a que en lugar de utilizar fotones para formar imágenes se valen de electrones que, al poseer una longitud de onda menor a la de la luz, generan visualizaciones hasta 500 mil veces más grandes que las de los microscopios ópticos convencionales.

El primer microscopio electrónico de transmisión fue diseñado por Ernst Ruska y Max Knoll en 1930,¹⁵ y cuatro años más tarde comenzaron a desarrollarse comercialmente. Básicamente, las señales registradas por estos instrumentos se obtienen a partir de un haz de electrones que es generado por un cañón electrónico. Mediante lentes magnéticas ubicadas en cámaras de vacío, este haz es aplicado sobre una muestra que debe ser preparada en capas no mayores a un par de miles de ángstrom. Como resultado de este proceso, los electrones atraviesan la muestra e impactan sobre una placa fotográfica o una pantalla sensible ofreciendo una imagen codificada en tonos blanco y negro, a la que se le pueden agregar otros colores mediante el procesamiento digital de las señales.

El microscopio electrónico de barrido opera de un modo similar pero, a diferencia de las imágenes bidimensionales generadas por el microscopio electrónico de transmisión, ofrece visualizaciones con profundidad de campo. Salvo los modelos desarrollados desde el año 2000 en adelante, este microscopio requiere que las muestras sean conductoras. Estas deben colocarse en un receptáculo con un alto vacío para que los haces de electrones puedan barrerla sin que se vean atenuados por la presencia de gases.¹⁶

El barrido de estos haces es registrado por un detector que proyecta imágenes tridimensionales en un monitor generando visualizaciones con una capacidad de aumento y de resolución mucho mayor a la del microscopio electrónico de transmisión.

¹⁴ Por este motivo, los microscopios ópticos pueden ofrecer imágenes que si bien magnifican hasta mil veces el tamaño de una muestra, son incapaces de trascender el rango que va desde 1 mm a 1 micra.

¹⁵ Por este desarrollo, Ruska recibió el premio Nobel en 1986, distinción a la que no pudo acceder Knoll quien falleció en 1969. Curiosamente, en 1925 Louis-Victor de Broglie publicó un trabajo sobre las propiedades ondulatorias de los electrones que, si bien resulta consistente con el desarrollo de Ruska y Knoll, no fue conocido por ellos hasta finales de la década de 1930.

¹⁶ Esta limitación ha sido superada por el microscopio de transmisión con cañón de efecto campo, facilidad experimental que comenzará a operar en el CAB en el año 2009 y que, a diferencia del microscopio electrónico de barrido convencional, permite trabajar con atmósferas parciales y con muestras no conductoras –líquidos, por ejemplo– en escalas que van del micrón al nanómetro.

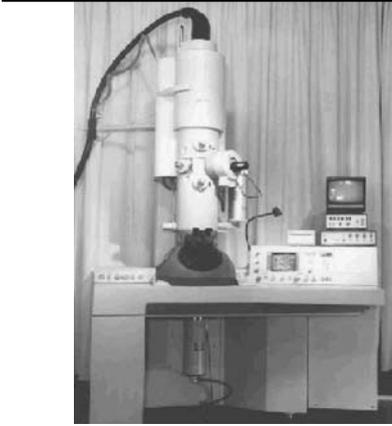


Figura 1. Microscopio electrónico de transmisión PHILIPD CM200 Ultratwin, Centro Atómico Bariloche.

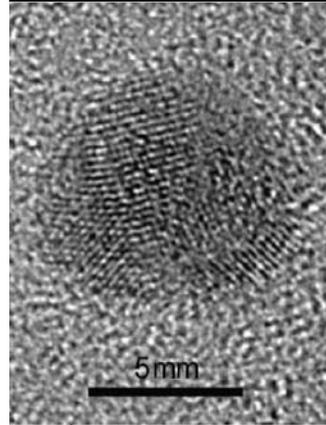


Figura 2. Visualización de una nanopartícula de oro generada por un microscopio electrónico de transmisión (imagen extraída de Granada y Troiani, 2007).



Figura 3. Microscopio electrónico de barrido (SEM) Philips 515, Centro Atómico Bariloche.

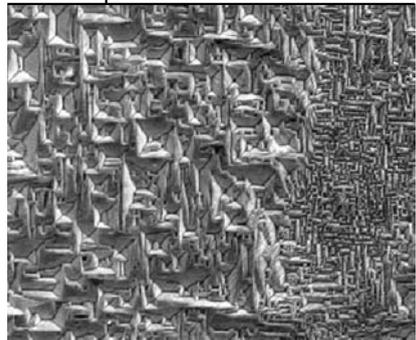


Figura 4. Visualización de una aleación generada por un microscopio electrónico de barrido (imagen extraída de Dutrús, 2006).

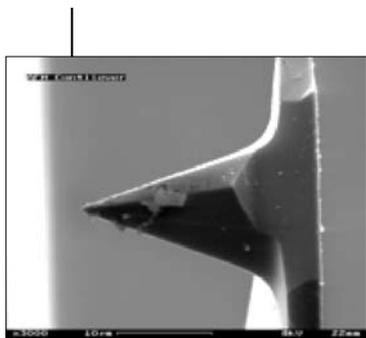


Figura 5. Aguja overthe, que identifica zonas de distinta densidad electrónica superficial para inferir la posición de átomos o moléculas (imagen extraída de Wolf, 2004).

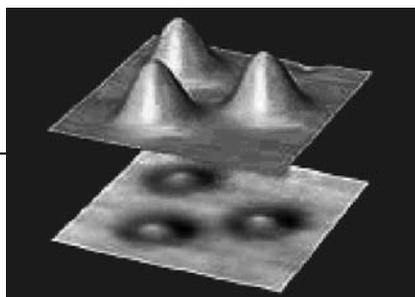


Figura 6. Imagen topográfica y de la conductancia de tres átomos de gadolinio sobre una superficie superconductora de niobio, generada mediante un microscopio de efecto túnel (imagen extraída de la National Science Foundation, <www.nano.org>).

Los microscopios de efecto túnel y de fuerza atómica representan una nueva generación de microscopios que se diferencia de la anterior en cuanto a la técnica de microscopía utilizada. El primero de ellos, desarrollado por Binnig y Rohrer en el laboratorio de IBM de Zurich, permite identificar individualmente los átomos de una superficie de metal o de materiales semiconductores mediante el escaneo de una aguja *overthe* que trabaja según un efecto cuántico que ocurre en escalas menores a 1 nanómetro.

Dicho efecto, denominado efecto túnel, refiere a la posibilidad de que un electrón contribuya a generar una intensidad eléctrica denominada “intensidad de túnel” al superar una barrera de potencial superior a su energía. Esta “intensidad de túnel” opera como un parámetro de control en la visualización de la topografía de las nanoestructuras que apenas alcanza los nanoamperios y es muy sensible a la variación de tensión entre la “aguja overthe” y la muestra. Por este motivo, el registro de señales debe ser controlado mediante un *software* computacional que genera una imagen en escala de grises a la manera de un mapa de densidades o de un mapa topográfico. Al igual que lo ocurrido en el caso de las visualizaciones generadas por los microscopios electrónicos, estas aparecen codificadas en tonos blanco y negro, a los cuales se les pueden agregar otros colores para mejorar el contraste y observar cambios en la muestra según variables como la temperatura, las propiedades magnéticas y/o el reposicionamiento atómico mediante técnicas de nanolitografía.¹⁷

¹⁷ Debido al bajo costo de funcionamiento y de mantenimiento, este microscopio ha tendido a sustituir a los microscopios electrónicos tanto en los países centrales como en los periféricos.

Finalmente, el microscopio de fuerza atómica constituye una modificación del microscopio de efecto túnel, que posibilita el análisis de muestras no necesariamente conductoras. Con este propósito, Binning, Quate y Gerber sustituyeron el sistema de detección del microscopio de efecto túnel por una palanca óptica que permite realizar dos diferentes tipos de registro. Por un lado, un registro de imagen, para lo cual es necesario que dicha palanca barra horizontalmente la superficie de la muestra a fin de que la fuerza interatómica entre los átomos que la componen y los de la superficie muestral pueda ser registrada por un sensor. De este modo se obtienen visualizaciones de una superficie sin que intervengan efectos eléctricos, posibilitando, por ejemplo, el estudio de materiales no conductores. Por otro lado, el microscopio de fuerza atómica permite un registro de fuerza para lo cual es necesario que la palanca óptica oscile verticalmente a fin de que la fuerza interatómica entre los átomos que la componen y los de la superficie muestral pueda ser registrada por un sensor. Este tipo de registro es frecuentemente utilizado en estudios de fuerzas de adhesión dado que permite, por ejemplo, estudiar interacciones estructurales de biomoléculas o caracterizar la elasticidad de polímeros.

Como puede observarse, a pesar de sus diferencias en cuanto a la técnica de amplificación de imagen utilizada, estos microscopios coinciden en el hecho de generar recursos representacionales a partir de señales que son registradas computacionalmente mediante un código binario que reconfigura la muestra en conjuntos de píxeles. En virtud de ello, a diferencia de las representaciones visuales quiorráficas y tecnográficas generadas por los primeros científicos modernos y de aquellas visualizaciones fotoquímicas y fotoelectrónicas utilizadas ya a fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX, los recursos representacionales generados mediante estos microscopios poseen un sustrato lógico numérico que altera el carácter mimético de las visualizaciones científicas tradicionales. Ello se debe a que al permitir cambiar y/o integrar a la imagen distintos elementos –brillo, contraste, sombras, colores, y hasta otras figuras– configuran un objeto visual que termina siendo ontológicamente distinto a su referente en el mundo físico real.

Lejos de constituir una limitación, ello habilita un horizonte epistemológico que permite: a) tratar homogéneamente a las distintas señales que registra el detector, b) obtener registros de mayor precisión respecto a instrumentos meramente mecánicos, c) procesar los registros mediante diferentes *softwares* computacionales, y d) detectar y corregir posibles errores en la toma de datos. Así, aunque frecuentemente el análisis de nanoestructuras supone el registro de señales analógicas referidas, por ejemplo, a la tensión, la temperatura y la presión, la codificación digital de los resultados mediante este tipo de equipamiento permite generar imágenes que adquieren estatus de evidencia en un contexto donde,

trascendiendo la distinción entre las “tradiciones de evidencia” del siglo xx, se concilia la visualización, la clasificación y la manipulación simbólica.

Tal conciliación es posible en la medida en que los microscopios utilizados en la investigación a escala nanométrica permiten procesar las señales obtenidas mediante formatos que reorganizan la información de la muestra en gráficos que ordenan espacialmente el registro empírico según ejes cualicuantitativos que habilitan la clasificación y la cuantificación de patrones de ocurrencia. En este sentido, las estrategias metodológicas definidas por esta “cultura epistémica” suponen la combinación de distintos recursos representacionales visuales con el objeto de que el científico pueda ampliar la información, “hacer más evidente” eventuales relaciones entre los datos, y/o generar modelizaciones. A continuación, se ejemplifican los recursos representacionales visuales que pueden ser generados mediante técnicas de microscopía de barrido de puntas.

Si bien estos rasgos del registro y tratamiento de los datos resultan innovadores frente a aquellos procesos que dan lugar a los recursos representacionales visuales tradicionalmente utilizados como evidencia –tablas de datos, diagramas, gráficos x-y, entre otros (Arsenault, Smith y Beauchamp, 2006)– cabe destacar que las visualizaciones generadas por este tipo de microscopios comparten con aquellos recursos varias características. Así, unas y otros ofrecen la impresión de que el resultado es durable en el tiempo, desarrollan una concepción no intervencionista de la objetividad bajo el supuesto de que la agencia humana es aparentemente eliminada del proceso de generación de evidencia, permiten observar aspectos de la muestra que no serían visibles en otras circunstancias debido a su tamaño y grado de abstracción, generan nueva información a partir de la combinación de distintos recursos representacionales, pueden ser incorporados a distintos circuitos de difusión de conocimiento, y operan como recursos retóricos en la negociación del conocimiento (Latour, 1990).

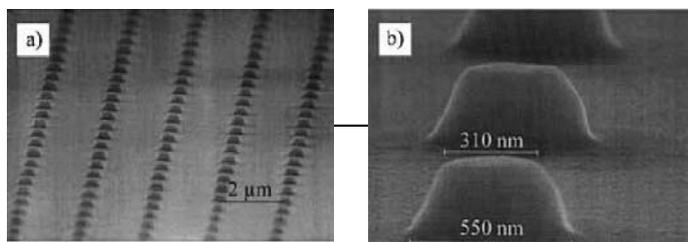


Figura 7. Visualización de nanomateriales, generada por técnicas de microscopía de barrido de puntas (imagen extraída de Wolf, 2004).

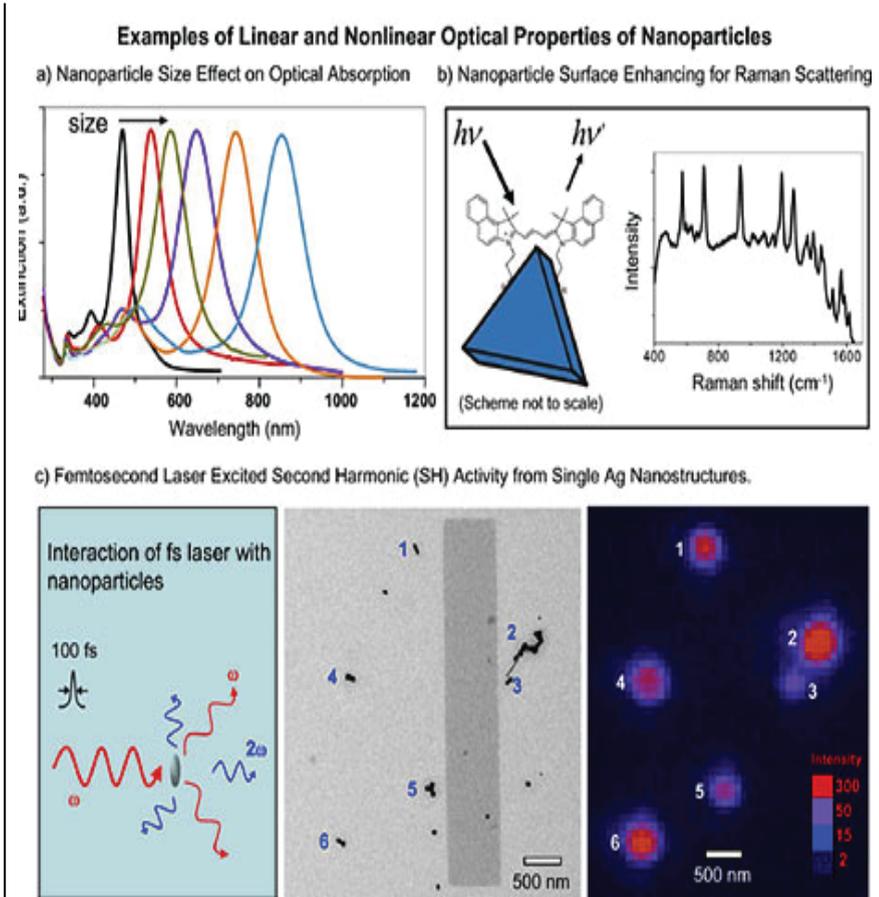


Figura 8. Visualización de propiedades ópticas de nanomateriales generada por técnicas de microscopía en asociación con técnicas de espectrometría (Rongchao Jin, Carnegie Mellon Institute, www.chem.cmu.edu/groups/jin/images/optics.jpg).

A MODO DE CIERRE

Como hemos visto, a pesar del proclamado carácter radicalmente innovador que para muchos parece poseer la investigación a escala nanométrica, es posible identificar en esta “cultura epistémica” varios puntos de contacto entre las “maquinarias epistémicas” que la impulsan y aquellas en torno a las cuales se configuraron las prácticas científicas del siglo xx. Tanto las visiones mecanicistas como los enfoques adaptativos de las nanoestructuras parecen establecer este vínculo en torno a concepciones ontológicas y epistemológicas que guardan relación con la

tradición mecanicista y la cibernética, en el primer caso, y con la biología evolucionista, en el segundo. Son, en cambio, las estrategias metodológicas configuradas por una y otra “maquinaria epistémica” las que permiten establecer un punto de inflexión respecto a las “tradiciones de evidencia” de la ciencia del siglo xx en la medida en que generan recursos representacionales que combinan aspectos de la tradición visual y la tradición lógica. En este sentido, un primer acercamiento a las prácticas de investigación desarrolladas en el ámbito local ha permitido advertir cómo la incorporación de instrumentos como el microscopio electrónico de transmisión, el microscopio electrónico de barrido y los microscopios de efecto túnel y de fuerza atómica ha dado lugar a un formato de codificación del conocimiento que, al diluir la distinción galileana entre propiedades primarias, cuantificables, y propiedades secundarias, cualificables, asume a la visualización y a la cuantificación como actividades cognitivas esenciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS, BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- Arsenault, D., L. D. Smith y E. A. Beauchamp (2006), “Visual Inscriptions in the Scientific Hierarchy, Mapping the Treasures of Science”, *Science Communication*, N° 27, pp. 376-387.
- Ball, P. (2002), “Natural Strategies for the molecular engineer”, *Nanotechnology*, N° 13, pp. 15-28.
- Beaulieu, A. (2002), “Images Are Not the (Only) Truth: Brain Mapping, Visual Knowledge, and Iconoclasm”, *Science Technology Human Values*, N° 27, pp. 53-86.
- Bensaude Vincent, B. (2004), “Two Cultures of Nanotechnology?”, *Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry*, vol. 10, N° 2, pp. 65-82.
- Bueno, O. (2004), “The Drexler-Smalley Debate on Nanotechnology: Incommensurability at Work?”, *Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry*, vol. 10, N° 2, pp. 83-98.
- Comisión Nacional de Energía Atómica (2005), “Disposición 86/04, Proyecto Centro de Nanociencia y Nanotecnología de la Comisión Nacional de Energía Atómica”, Buenos Aires, 28 de junio de 2005.
- Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (2004), “Programa Estratégico para el Desarrollo Institucional”, <www.conicet.gov.ar>.
- Daston, L. y P. Galison (1992), “The Image of Objectivity”, *Representations*, N° 40, pp. 81-128.
- (2007), *Objectivity*, Nueva York, Zone Books.
- Dutrús, S. (2006), “Una mirada a las ciencias a través del microscopio electrónico de barrido”, División Nuevos Materiales y Dispositivos, Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica.

- Drexler, E. (1986), *Engines of Creation*, Nueva York, Anchor Books.
- (2001), “Machine-Phase nanotechnology”, *Scientific American*, pp. 66-67.
- Elkins, J. (1999), “Logic and Images in Art History”, *Perspectives on Science*, vol. 7, N° 2, pp. 151-180.
- Elkins, J. (2000), “Review of Jones, C. y P. Galison (eds.) (1998), *Picturing Science, Producing Art*, Nueva York, Routledge”, *Isis*, 91, pp. 318-319.
- Fundación Argentina de Nanotecnología (2005), “Decreto de creación, Poder Ejecutivo Nacional (380/05)”, <www.fan.org.ar>.
- Forbes (2004), *Nanotech Report*, vol. 3, N° 12, pp. 1-3, <www.forbesnanotech.com>.
- Galison, P. (1997), *Image and Logic*, Chicago, University of Chicago Press.
- Gooding, D. (2003), “Varying the Cognitive Span: experimentation, visualisation and computation”, en H. Radder (ed.), *The Philosophy of Scientific Experimentation*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, pp. 255-283.
- Goodman, N. (1968), *Languages of Art*, Indianápolis, Bobbs-Merrill.
- Granada, M. y H. Troiani (2007), “Para captar el mundo muy pequeño: los microscopios electrónicos”, *Desde la Patagonia difundiendo saberes*, vol. 5, N° 6, pp. 32-36.
- Haching, I. (1983), *Representing and intervening*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial, <www.inti.gov.ar/pdf/inti-nanotecnologia.pdf>.
- Knorr Cetina, K. (1999), *Epistemic Cultures. How the Sciences Make Knowledge*, Cambridge, Harvard University Press.
- Latour, B. (1990), “Drawing things together”, en Lynch, M. y S. Woolgar (eds.), *Representation in scientific practice*, Cambridge, MIT Press.
- Lewis, D. (1971), “Analog and Digital”, *Noûs*, vol. 5, N° 3, pp. 321-327.
- Lynch, M. (2002), “Visualization: Representation in Science”, *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, pp. 16.288-16.292.
- Marey, E. (1878), *Le méthod graphique dans les sciences expérimentales*, París, G. Masson Editeur.
- Meyer, M. y O. Kuusi (2004), “Nanotechnology: Generalizations in an Interdisciplinary Field of Science and Technology”, *HYLE: International Journal for Philosophy of Chemistry*, vol. 10, N° 2, pp. 153-168.
- National Nanotechnology Initiative (2000), Executive Office of the President of the United States, National Science and Technology Council.
- Pichering, A. (1995), *The rangle of practice. Time, agency and science*, Chicago, Chicago University Press.
- Programa Marco de Ciencia y Tecnología del Mercosur (2006), “Declaración de Buenos Aires”, 30 de mayo de 2006.
- Reising, A. (2007), “Las prácticas nanotecnocientíficas como objeto de estudio”, en L. Salvático y P. García (eds.), *Epistemología e historia de la ciencia. Selección de trabajos de las XVII Jornadas*, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 455-461.
- Reising, A. y R. Barrachina (2007a), “Uso de representaciones visuales en los estudios contemporáneos sobre sistemas dinámicos”, III Simposio Internacional La representación en la

ciencia y el arte, La Falda, Facultad de Filosofía y Humanidades y Facultad de Psicología de la Universidad Nacional de Córdoba, 25 al 28 de abril.

Reising, A. y R. Barrachina (2007b), "Las visualizaciones computacionales en las rutinas científicas contemporáneas: aspectos epistemológicos de nuevos formatos representacionales", XVIII Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia, La Falda, Escuela de Filosofía de la Universidad Nacional de Córdoba, 25, 26 y 27 de octubre.

Smalley, R. (1999), "Prepared written statement and supplemental material", Rice University, 22 de junio, <http://www.house.gov/science/smalley_062299.htm>.

Staley, K. (1999), "Golden Events and Statistics: What's Wrong with Galison's Image/Logic Distinction?", *Perspectives on Science*, vol. 7, N° 2, pp. 196-230.

Whitesides G. (2001), "The Once and Future nanomachines", *Scientific American*, pp. 78-83.

Wolf, E. (2004), *Nanophysics and Nanotechnology*, Nueva York, Wiley-VHC.

Artículo recibido el 1° de diciembre de 2008.

Aprobado para su publicación el 1° de febrero de 2009.

INTEGRARSE EN REDES DE COOPERACIÓN EN NANOCIENCIAS Y NANOTECNOLOGÍAS: EL ROL DE LOS DISPOSITIVOS INSTRUMENTALES

MATTHIEU HUBERT*
ANA SPIVAK L'HOSTE**

RESUMEN

La concentración geográfica y la aglomeración de competencias y recursos son rasgos característicos del desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías en algunos países. Este texto se interroga sobre las formas de apropiación de la dinámica de las nanociencias y nanotecnologías por parte de investigadores de un país donde no existe tal concentración. Para abordar esta cuestión, se exploran las modalidades de inserción de investigadores en redes de cooperación locales e internacionales, formales e informales, que incluyen contrapartes científicas diversas. El estudio de tres equipos de investigación argentinos muestra, en primer lugar, que el acceso a los instrumentos es fuente de cuestionamientos y preocupación por parte de los investigadores entrevistados y que los mismos ajustan estrategias y prácticas científicas en función de las dificultades que ese acceso implica. Y, en segundo lugar, explicita la necesidad de aproximarse a la cuestión de las desigualdades al seno de las comunidades científicas desde el ángulo específico de mediación instrumental, privilegiando un abordaje de esas desigualdades en términos de integración y diferenciación, en lugar de centro(s) y de periferia(s).

PALABRAS CLAVE: COLABORACIÓN CIENTÍFICA – INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICA – NANOCIENCIA – NANOTECNOLOGÍA – CENTRO-PERIFERIA – REDES DE COOPERACIÓN

INTRODUCCIÓN

El campo emergente de las nanociencias y las nanotecnologías (NCT) constituye, desde la perspectiva de los múltiples actores implicados, un vasto ámbito de

* PACTE Politique – Organisation / Unité Mixte de Recherche CNRS, Université de Grenoble, France, <matthieu.hubert@upmf-grenoble.fr>.

** CONICET, Escuela de Humanidades, Universidad Nacional de San Martín y Departamento de Antropología de la Universidad de Buenos Aires, Argentina, <anaspivak17@yahoo.com.ar>.

exploraciones y aplicaciones potenciales a la escala del nanómetro.¹ Por ese motivo, en algunos países se lanzaron en los últimos años programas de investigación de gran envergadura para apoyar la producción de conocimientos ligados a ese campo.²

Diversos estudios mencionan los fenómenos de concentración geográfica y aglomeración de competencias y recursos tecnológicos vinculados a la emergencia de las NCT (Zucker *et al.*, 2007; Robinson *et al.*, 2007).³ Esos movimientos de concentración conducen, en una primera instancia, a pensar en una distinción entre un (o algunos) centro(s) que reúnen las competencias y recursos esenciales y una (o algunas) periferia(s) menos equipadas como factor explicativo de las diferencias de trayectorias tecnológicas. Una distinción que, según Pablo Kreimer (2006), se actualiza tanto en el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación como en la evolución de las modalidades de financiamiento de la investigación en países considerados como centrales. Una distinción que coloca, según el autor, la cuestión de una nueva división internacional del trabajo científico y de una eventual integración subordinada de los investigadores de los países considerados como periféricos en las redes científicas coordinadas por investigadores e instituciones de países centrales.

Efectivamente, el campo de las NCT articula fenómenos de concentración de competencias y recursos que ampliarían, *a priori*, las diferencias entre centro(s) y periferia(s). Por esa razón constituye un caso interesante para interrogarse sobre la pertinencia de tal distinción y sobre el eventual interés de renovar sus fundamentos. En esa dirección, abordaremos la manera en que los científicos de un país considerado como periférico se apropian localmente de la dinámica de las NCT. Para ello exploraremos las modalidades de inserción de investigadores

¹ Según la definición más aceptada, las nanociencias y las nanotecnologías reúnen al conjunto de tecnociencias cuyo objeto de investigación o aplicación posee una o varias dimensiones características inferiores a los cien nanómetros.

² Para una revisión de las iniciativas institucionales en Argentina, Brasil, México y Estados Unidos véase Delgado (2007). Entre los principales programas lanzados se destaca el National Nanotechnology Initiative estadounidense y el séptimo programa marco europeo con una propuesta consagrada a las NCT. En Francia, los poderes públicos apoyan masivamente, a través de una política de *pôles de compétitivité*, su desarrollo. Otros países hacen visible su participación a partir de publicaciones (Kostoff *et al.*, 2007) y patentes (Wong *et al.*, 2007), como China (Zhou y Leydesdorff, 2006; Guan y Ma, 2007). En cambio, países como Sudáfrica parecen frenar su crecimiento debido a la dispersión de instituciones e investigaciones activos en el campo (Pouris, 2007).

³ Por ejemplo, los estudios cientométricos de Zucker *et al.* (2007), muestran la correlación positiva en algunos países centrales, entre la cantidad de patentes y publicaciones ligadas a NCT y la aglomeración en una zona geográfica dada de actores y recursos tecnológicos, inclusive no directamente ligados a las NCT.

argentinos en redes de cooperación locales e internacionales, formales e informales, donde incluimos contrapartes científicas variadas (académicas e industriales). E intentaremos mostrar cómo el acceso a los instrumentos resulta decisivo y estructurante en la actividad de los investigadores tanto en función de la organización local de la investigación como respecto de la inserción de los investigadores al seno de redes de cooperación.⁴

Ya fue señalado el lugar y el rol de los objetos intermediarios en la constitución y la dinámica de cooperación al seno de redes científicas (Vinck, 1992). Esos objetos, que afectan las modalidades de coordinación en las redes de cooperación, deben ser tomados en cuenta en el análisis sin reducir su materialidad y su capacidad de acción (Vinck, 1999). Nos sumamos a esa perspectiva considerando a los instrumentos de investigación como objetos intermediarios cuyo análisis permite comprender mejor las dinámicas sociales y la estructuración de las comunidades científicas. En este sentido, nos preguntamos sobre las desigualdades en el seno de las comunidades científicas con el foco puesto en las mediaciones instrumentales y en los mecanismos que las producen, en los procesos de integración/diferenciación en las redes de cooperación y en los intercambios que ellas operan. Esperamos mostrar la importancia de no naturalizar, a pesar de las diferencias entre zonas geográficas, las desigualdades en términos de centro(s) y periferia(s). Esto es, de no convertir esa distinción en una explicación determinista de las diferentes trayectorias tecnológicas.

En la primera parte de este trabajo, presentaremos y justificaremos la elección del campo de investigación y las preguntas. Luego, nos apoyaremos en los datos para dar cuenta de la diversidad de colaboraciones comprometidas, la preocupación de los investigadores respecto del acceso a los instrumentos y la organización de ese acceso a través de redes de cooperación. Es decir, indagaremos sobre las interdependencias y desigualdades que se establecen en los intercambios que permiten el acceso al instrumental. En la conclusión, colocaremos en perspectiva los cuestionamientos presentados: ¿qué nos revelan sobre las modalidades de inserción de los investigadores argentinos en las redes de cooperación en NCT? ¿Cómo esas modalidades afectan las prácticas científicas locales, la organización del trabajo científico y la producción de conocimientos? Sobre la base de esas preguntas se discutirán, asimismo, las formas que toman las desigualdades y los conceptos adecuados para abordarlas.

⁴ Entendemos redes de cooperación científica en un sentido amplio: se trata tanto de redes informales construidas sobre relaciones personales como de redes financiadas por las agencias nacionales e internacionales. Incluimos igualmente en esa definición relaciones que comprometen actores industriales.

LA INVESTIGACIÓN Y SUS PREGUNTAS

Este artículo no se propone ofrecer un panorama exhaustivo de las NCT argentinas. Surge de una primera aproximación al campo realizada entre octubre y diciembre de 2006 en la cual visitamos tres centros de investigación donde se trabaja, entre otras temáticas, en NCT; entrevistamos a sus investigadores, participamos de eventos de divulgación y reuniones científicas centradas en el campo y realizamos una revisión de la aún escasa bibliografía escrita sobre él. A fin de aproximar al lector en la estructuración reciente de la investigación argentina en NCT, mostramos en el Anexo 1 los principales dispositivos que la articulan y que, en algunos casos, serán señalados en el texto.

En esta primera parte, presentaremos la construcción de nuestro objeto y problemática de investigación en función de preguntas, expectativas e hipótesis expresadas por los actores entrevistados. El propósito es identificar las principales características de la dinámica de las NCT para los investigadores de un país considerado periférico.

¿POR QUÉ DEBE IMPORTARNOS?

Esta pregunta sintetiza las dudas de algunos investigadores argentinos respecto de las NCT. “¿Por qué debe importarnos a nosotros?” se pregunta un investigador y responsable de una de las redes científicas de NCT (véase Anexo 1) frente a un grupo de industriales y científicos reunidos en la Cámara Argentino Alemana de la Industria. Tras esa pregunta, el orador introduce las líneas de trabajo de la National Nanotechnology Initiative y recuerda cómo esa iniciativa justifica el desarrollo de NCT en Estados Unidos y apoya el mantenimiento del liderazgo económico y militar de ese país. Así presentado, el fundamento de la inserción de los investigadores argentinos en la dinámica NCT no es nada evidente: ¿apunta a sostener el liderazgo económico y militar norteamericano? ¿Los investigadores argentinos deben participar de la investigación en NCT?

El investigador propone la siguiente respuesta: la implicación argentina en NCT se justifica a partir de la posibilidad que el campo ofrece para la emergencia de nichos tecnológicos. Nuevos actores científicos e industriales podrían reposicionarse, sugiere, inclusive a pesar de la falta de desarrollo local de tecnologías emparentadas (como la microelectrónica respecto de la nanoelectrónica). Desde su perspectiva, los investigadores podrían involucrarse legítimamente en el campo sin temor a traicionar los intereses nacionales.

Lo expuesto por este científico implicado en la investigación argentina en NCT es revelador de, por lo menos, dos discusiones centrales. La primera tiene que ver con la participación de investigadores argentinos en la investigación en

NCT. En ese sentido, la mayoría de los investigadores con los que dialogamos se interrogan sobre las incertidumbres de la constitución social de las NCT (Arnall y Parr, 2005): ¿las NCT responden a expectativas futuras de la sociedad argentina? ¿Están adaptadas a las especificidades del contexto socioeconómico y político en el cual serán generadas, comercializadas y utilizadas, como se preguntan Foladori e Invernizzi (2005)? La segunda discusión se relaciona con la falta de consenso respecto del potencial mismo de NCT, incluso de su propia existencia en tanto campo de investigación. Esto puede ser ilustrado por la respuesta escrita de uno de los científicos contactados que no atendió a nuestro pedido de entrevista y explicitó su escéptica posición:

Las nanociencias y nanotecnologías se convirtieron en una moda mundial. Seguro, en Argentina van a encontrar promotores de ese campo en distintas áreas de la ingeniería, las ciencias bioquímicas y biológicas, la medicina, la farmacia y otras disciplinas. [...] Yo no formo parte de ese movimiento.

Contrariamente, otro de los investigadores planteó:

Las nanotecnologías son actualmente una realidad y tanto los países que manipulan esa tecnología como las grandes empresas van a continuar a la avanzada de las investigaciones. Por eso es imperativo que no quedemos al margen. Los países menos desarrollados deben involucrarse en los estudios y las aplicaciones [de las nanotecnologías. Esa es] la única forma de no ampliar más la brecha entre los países ricos y los países pobres o, lo mismo, entre desarrollo y subdesarrollo.

Vemos cómo investigadores poseen miradas variadas, inclusive opuestas, sobre las NCT. Lejos está el consenso sobre la amplitud y el tipo de oportunidades abiertas por este nuevo campo de producción tecnocientífica. La elección de los laboratorios para desarrollar el trabajo de campo del cual resulta este artículo se propone justamente atender a esa diversidad de puntos de vista.

ELECCIÓN DE LOS LABORATORIOS ESTUDIADOS: EL CONTRASTE DE EXPECTATIVAS SOBRE LAS NCT

Identificamos a los actores individuales e institucionales activos en NCT y elegimos los equipos de investigación con los cuales trabajar a partir de entrevistas por su presencia en seminarios y reuniones. Contribuyó a esa elección la diversidad de situaciones que presentan. Si bien no abarcan la diversidad temática, geográfica e institucional de la NCT en la Argentina, representan un espectro de

expectativas y actitudes variadas respecto de su desarrollo y de las oportunidades que ofrece.⁵

El primer equipo de investigación trabaja sobre física de sólidos (cuadro 1) y su actitud respecto a las NCT puede ser calificada como pragmática. Los investigadores con los cuales dialogamos consideran que las propiedades fisicoquímicas a escala nanométrica responden a problemas técnicos específicos y perciben numerosas oportunidades de industrialización relacionadas con el desarrollo de las NCT, tanto en áreas que conciernen a sus investigaciones como en otras áreas de la investigación argentina.

Cuadro 1. Las propiedades específicas de la escala nanométrica al servicio del desarrollo de las actividades del laboratorio (equipo 1)

Es un equipo de investigación de física de sólidos perteneciente al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y al Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa de las FFAA. (CITEFA). Fue creado en 1980 y es dirigido por su fundadora, una de nuestras interlocutoras en este trabajo. Actualmente, trabajan en él 16 investigadores permanentes, nueve investigadores asociados y nueve tesis de distintos niveles en dos programas de investigación que se estructuran en función de aplicaciones industriales y militares potenciales: materiales cerámicos nanoestructurados y materiales semiconductores.

Las NCT se presentan como continuación de líneas de investigación previas. Las dimensiones nanométricas generan nuevas propiedades fisicoquímicas que mejoran las performances potenciales de las aplicaciones investigadas. En particular:

- detectores de gas: sus performances mejoran, gracias a los materiales nanoestructurados, el 30% a temperatura de trabajo inferior;
- pilas combustible que sirven para alimentar de electricidad a zonas aisladas: las dimensiones nanométricas muestran nuevas propiedades cristalográficas susceptibles de mejorar su performance.

Los nanomateriales, según nuestros interlocutores, responden a problemas precisos: mejorar las performances y diversificar las funcionalidades de algunos dispositivos técnicos. Es por eso que calificamos este laboratorio como pragmático, en relación con las NCT: no constituyen una revolución para las actividades de investigación en el laboratorio aunque tienen efectos en las mismas.

El segundo equipo de investigación que contactamos desarrolla actividades de nanoscopia en un instituto de físico química (cuadro 2). Calificamos ese equipo como nanófilo debido al entusiasmo que las NCT suscitan entre sus miembros. Según los investigadores consultados, las NCT no son una moda sino una verda-

⁵ La descripción de los equipos que ofrecemos a continuación se centra en sus características generales (dependencia, número de miembros, etc.) y en especificidades temáticas. Luego introduciremos aspectos como colaboraciones a nivel nacional o internacional y relaciones con la industria, entre otros.

dera revolución científica y técnica que requeriría, en función del avance de cada disciplina hacia el nivel atómico, de una integración interdisciplinaria más fuerte de la que existe actualmente en la Argentina.⁶

Cuadro 2. El desarrollo de un grupo de investigación en actividades específicas de las NCT (equipo 2)

Es un equipo de investigación que trabaja en nanoscopia y fisicoquímica, vinculado al Instituto de Fisicoquímica de la Universidad Nacional de La Plata y en el cual, las nanociencias y nanotecnologías son la principal preocupación desde la década de 1990. Su responsable integró, desde 1988 hasta 1992, un equipo de físicos madrileños especialistas en microscopia a efecto túnel. Algunos de estos investigadores se formaron en Suiza con Binnig y Rohrer, inventores del microscopio que permite la manipulación atómica. Sobre el trabajo de negociación que hace del microscopio, según los autores, la novedad que posibilita el desarrollo de NCT, véase Hessenbruch (2004). Sobre los procesos por los cuales la comunidad de microscopistas se embandera en el campo, véase Mody (2004).

Actualmente el equipo de investigación participa activamente en la promoción de las NCT en la Argentina (conferencias de divulgación, entrevistas periodísticas, etc.). Cuenta con siete investigadores permanentes, un posdoctorando y cuatro doctorandos.

El equipo trabaja en la fabricación, el estudio y la caracterización de nanoestructuras: nanopartículas, nanocapas autoorganizadas, nanotubos de carbono. Los nanotubos y las nanopartículas se preparan fuera del laboratorio. Por ejemplo, algunas son fabricadas en Texas, caracterizadas primero en el sincrotrón de Phoenix y luego en el laboratorio propio (caracterización óptica, electroquímica, etc.). Contrariamente, las nanocapas se fabrican en el laboratorio. En lo concerniente a la fabricación de dispositivos nanoscópicos, el laboratorio desarrolla métodos de escritura y de organización a la escala nanométrica que combinan los abordajes *top-down* y *bottom-up*.

Por último, consultamos científicos que pertenecen a un instituto de investigación en ciencia y tecnología de los materiales (cuadro 3). Los mismos poseen una actitud respecto de las NCT que puede calificarse de escéptica. Lo llamado nano es, según ellos, una moda. Las actividades del laboratorio se inscriben en la continuidad de las líneas de investigación del instituto. La dinámica científica y tecnológica que conduce a la miniaturización resulta natural. Los objetos nanométricos existen en numerosos objetos técnicos desde hace mucho tiempo y el cambio tiene que ver con la posibilidad de observar y manipular los átomos gracias al microscopio efecto túnel. Aquí, las aplicaciones potenciales de las investigaciones sobre las NCT parecen relativamente limitadas.

⁶ La interdisciplinaridad parece ser una preocupación de los miembros de este equipo. Por ese motivo recibieron, por ejemplo, a un estudiante de doctorado que viene de la biología molecular. Sin embargo, esa apertura responde también a las dificultades para atraer buenos estudiantes del área fisicoquímica.

Cuadro 3. Las NCT en la continuidad de actividades precedentes (instituto 3)

<p>Los científicos consultados pertenecen a un instituto de investigación en ciencia y tecnología de los materiales, que reúne cerca de cien investigadores de diferentes disciplinas y depende de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata y del CONICET. Los investigadores se distribuyen en seis divisiones: catálisis y superficies, cerámicas, corrosión, metalurgia, polímeros y mecánica. Las disciplinas representadas son la física, la química, la mecánica y la electrónica. Según los entrevistados, la interdisciplina es fuerte en cada división y entre divisiones. Están presentes en el instituto desde su origen en 1982 y trabajan en líneas de investigación ligadas a las NCT en la división polímeros y la división catalizadores y superficies. Al respecto de las NCT destacan dos temáticas:</p>
<p>–materiales nanoestructurados: investigaciones más accesibles pero con resultados decepcionantes;</p>
<p>–actividades ligadas a la adquisición reciente de un aparato de metrología (nanoindenter), destinado a la caracterización de nanomateriales. Ese instrumento fue fabricado sobre el modelo de un microscopio a fuerza atómica que caracteriza propiedades superficiales de los nanomateriales ofreciendo no solo la posibilidad de desarrollar tecnología sino también interés científico.</p>
<p>Para estos investigadores, las NCT se inscriben en la continuidad de actividades llevadas adelante con anterioridad en el instituto: la microscopía a escala atómica y la caracterización mecánica.</p>

En los tres casos, las expectativas generadas por el desarrollo de las NCT en el seno de los equipos o centros de investigación varían ampliamente.⁷ Ahora bien, esa variedad no agota el esfuerzo argentino en el campo. En particular, porque los equipos de investigación en NCT pertenecientes a la Comisión Nacional de Energía Atómica,⁸ cuyo aporte es central, no forman parte de la misma. Tampoco se considera el rol que juegan otros centros de investigación y universidades. Sin embargo, aunque la muestra no sea representativa de las expectativas al interior de la dinámica nacional, representa sí una diversidad de puntos de vista respecto del campo NCT que valía la pena presentar.

⁷ Nos preguntamos si las posiciones que asumen los científicos respecto de las NCT se relacionan con oportunidades o posibilidades de financiamiento. Y, en esa dirección, si los investigadores modifican sus temáticas o recategorizan aquello que trabajan en virtud de tales oportunidades. Los casos trabajados no nos permiten responder positivamente a ninguna de esas preguntas. El equipo 1 continúa trabajando en temáticas anteriores aunque capitalizando las herramientas y recursos de NCT. El equipo 2 se formó como un equipo de desarrollo en NCT. Finalmente, los investigadores del instituto 3, si bien tienen una actitud escéptica, se valen del instrumental, problemáticas y financiamiento NCT para orientar sus investigaciones.

⁸ Fundamentalmente, el Centro Atómico Constituyentes, en el cual se construye una sala blanca, y el Centro Atómico Bariloche, cuyas competencias y recursos tecnológicos son especialmente reconocidos.

Trabajaremos el material de la muestra en torno de dos ejes principales. Primero, el eje de las colaboraciones: ¿qué colaboraciones y de qué tipo? ¿Para intercambiar qué cosas? ¿Según qué modalidades? Segundo, el acceso a los instrumentos: ¿Qué particularidades supone este acceso? ¿Para qué usos? ¿Qué se intercambia?

MODALIDADES DE INSERCIÓN EN REDES DE COOPERACIÓN

Presentaremos en los párrafos siguientes las distintas colaboraciones en las cuales los investigadores consultados están involucrados, sus preocupaciones respecto del acceso al instrumental, las estrategias desarrolladas a nivel nacional para resolver ese problema a través de redes de cooperación y, finalmente, las interdependencias y desigualdades que se crean en los distintos intercambios que habilitan ese acceso.

INVOLUCRARSE EN UNA DIVERSIDAD DE COLABORACIONES

Las redes nacionales sobre las nanotecnologías están formándose, y su actividad se limita actualmente a intercambios de bibliografía. Sin embargo, se esperan profundizaciones, fundamentalmente para ampliar los círculos de intercambios científicos y acceder a seminarios, instrumentos o técnicas específicas. El laboratorio participa igualmente en programas binacionales con Francia, Alemania y España a través de acuerdos de cooperación de la SECYT⁹ y de CONICET con organismos de esos países. También prevé integrarse a otras posibles redes como el séptimo programa marco de la Comunidad Europea. Hasta ahora, la complejidad de las formalidades asociadas a la gestión administrativa de los programas europeos ha disuadido al laboratorio de implicarse en ellos (Investigadora, equipo 1).

El punto de partida que se deriva de este fragmento de entrevista, y que aparece enfatizado en otros diálogos mantenidos en el trabajo de campo, resulta en realidad poco sorprendente: los investigadores se integran en numerosas colaboraciones tanto al interior de los propios institutos, como a nivel nacional e internacional. De hecho, depositan altas expectativas en dichas colaboraciones, frecuentemente generadas a través de vínculos personales creados a lo largo de sus carreras.

⁹ Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

Para realizar las investigaciones y acceder a las tecnologías necesarias, el laboratorio interactúa con numerosos laboratorios locales, de la Comisión Nacional de Energía Atómica, del Instituto Nacional de las Tecnologías Industriales, de la Universidad de Bahía Blanca. Esas colaboraciones pueden ser formales, apoyándose en dispositivos y redes bien identificadas, o informales. Las que funcionan bien son informales, porque son mucho más simples y rápidas para llevar adelante. En particular, no exigen formalidades administrativas y están fundadas en relaciones de confianza de largo plazo. Muchas de esas colaboraciones implican investigadores argentinos expatriados, fundamentalmente en Brasil (Investigadora, equipo 1).

En el caso de las colaboraciones internacionales, las universidades y centros de investigación que funcionan como lugar de trabajo para doctorandos o posdoctorados abren la posibilidad de intercambios. Los investigadores aprovechan también lazos generados en la diáspora científica que provoca una dispersión de investigadores en laboratorios extranjeros (fundamentalmente en Brasil, Estados Unidos y Europa).¹⁰

Las colaboraciones internacionales dependen de las relaciones personales de cada investigador, fundamentalmente del lugar donde realizó su doctorado, frecuentemente en Europa y en Estados Unidos. Respecto del nanoindenter el laboratorio desarrolla una colaboración con la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Otra colaboración sobre materiales nanoestructurados, armada por relaciones personales, funcionó un tiempo con las universidades de Río de Janeiro y de San Pablo (Investigadora, instituto 3).

En los casos estudiados, el tema de las colaboraciones y el acceso a los instrumentos emergen juntos en los discursos. En este último fragmento, inclusive, el instrumento de investigación se señala como el vector de cooperación, como aquello que la habilita. De ahí que ambos aspectos no puedan ser analizados de forma disociada en este trabajo.

LA PREOCUPACIÓN SOBRE LOS INSTRUMENTOS Y LA INTERACCIÓN DIRECTA CON ELLOS

El acceso a los instrumentos es una preocupación común a todos los investigadores contactados durante el trabajo de campo. Esa constante ha sido relevada

¹⁰ Los flujos migratorios de científicos se orientan desde el sur hacia el norte (Meyer, 2005). Sin embargo, Brasil se presenta, a veces, como un centro para otros países latinoamericanos. Las redes de cooperación norte-sur conducidas por investigadores expatriados estructuran nuevas modalidades de colaboración. En esa dirección aporta Pablo Kreimer (1997), mostrando el rol de los científicos provisoriamente expatriados en la constitución de un laboratorio de biología molecular.

desde diferentes perspectivas en otros trabajos sobre NCT. Hans Fogelberg y Hans Glimell (2003) mencionan las relaciones de confianza y los signos de buen comportamiento que deben mostrar los investigadores para acceder a los instrumentos. Dominique Vinck (2006) muestra cómo los actores reflexionan acerca de qué es un buen equipamiento y cuál es el que conviene. Para Morgan Jouvenet (2007), el apego del investigador al *bricolage* del instrumento constituye una característica cultural de la identidad profesional del investigador de nanociencia. Para los investigadores argentinos consultados esa preocupación parece atravesar tanto las actividades cotidianas del laboratorio como moldear sus prácticas científicas. Los fragmentos siguientes describen, justamente, algunos aspectos implicados en tal preocupación:

Los instrumentos crean dificultades importantes para la realización de las actividades científicas. [...] Los investigadores y estudiantes dedican mucho tiempo, energía y dinero para acceder a los equipos que precisan, ya sea para comprarlos o para hacer el traslado necesario para dicho acceso (Investigadora, equipo 1).

El acceso a equipamientos genera problemas. No es extraño que exista un único ejemplar de un instrumento en el país, a diferencia de otras áreas como la bioquímica para la cual los equipos usados por investigadores son también usados por industriales y están más expandidos (Investigadora, instituto 3).

La carencia de instrumentos es usualmente compensada por desplazamientos. Para algunas manipulaciones, el desplazamiento implica enviar la muestra y que la experimentación la haga un técnico o investigador del laboratorio que la recibe. Pero en ocasiones resulta necesaria la interacción del investigador con el instrumento y el envío del objeto no es posible.

A veces es difícil mandar a hacer las manipulaciones porque son difíciles de hacer sin manipular por sí mismo o por razones de confianza y falta de conocimiento de los proyectos. Los conocimientos tácitos implicados en la experimentación necesitan desplazamientos hacia el lugar de experimentación para una interacción directa con los equipamientos y con los equipos humanos (Investigador, equipo 1).

Las informaciones proporcionadas confirman los planteos de los estudios citados con anterioridad: el acceso a los instrumentos es una preocupación central de los investigadores en NCT. Ahora bien, esa preocupación no se limita al desarrollo de tareas en el espacio del laboratorio sino que afecta igualmente la organización de las comunidades científicas. En particular, afecta su estructuración a partir de la construcción de redes de cooperación científicas.

LAS REDES DE COOPERACIÓN: ORGANIZAR EL ACCESO A LOS INSTRUMENTOS A NIVEL NACIONAL

El lazo entre la cuestión del acceso a los instrumentos y las estrategias de colaboración, tan presente en los discursos de los científicos, se reencuentra en la estructuración de la investigación argentina en NCT. Fundamentalmente, se halla en las redes impulsadas por organismos públicos que tienen como función principal facilitar el acceso a los instrumentos entre los miembros de la comunidad científica argentina.

Las colaboraciones son necesarias por la falta de equipamiento. Las redes fueron impulsadas por la SECYT para compensar esa falta. Se trata de alcanzar una masa crítica para utilizar la variedad de técnicas necesarias. Las redes tienen medios limitados: 400 mil pesos [130 mil dólares] por año y por red de sesenta investigadores y sesenta estudiantes de doctorado (Investigador, equipo 2).

Así, la puesta en marcha de redes de cooperación permite compensar una relativa desigualdad en la repartición de los instrumentos en el territorio. En efecto, algunos equipos y centros de investigación poseen laboratorios mejor equipados que otros y de algunos instrumentos existe únicamente un ejemplar en todo el territorio nacional.

Comparativamente a muchos laboratorios argentinos el nuestro está bien equipado: dispone de dos microscopios a fuerza atómica, dos microscopios electrónicos a transmisión y diversos dispositivos técnicos de espectroscopia y de caracterización fisicoquímica, o sea un total de alrededor de un millón de dólares de instrumentación. [...] Pero los recursos no están equitativamente repartidos en el territorio: el Gran Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, el Centro Atómico Bariloche poseen lo esencial de ellos (Investigador, equipo 2).

El *nanoindenter* fue comprado por el instituto con un fondo de la Agencia, destinado al mejoramiento o compra de equipamiento científico, y es el único en el país (Investigadora, instituto 3).

La oportunidad de acceder a otros instrumentos incita a los investigadores a invertir en redes de cooperación nacional. Más aún, desde el punto de vista de los promotores y coordinadores científicos de esas redes, es el acceso a los instrumentos lo que justifica la estructuración de la investigación argentina en NCT. Las redes científicas están explícitamente formalizadas como dispositivos de coordinación que permiten organizar las colaboraciones y compartir los instrumentos. Son herramientas de política científica orientadas a gerenciar la carencia de equipos y a equilibrar las desigualdades al seno de la comunidad científica nacional.

A NIVEL INTERNACIONAL: EL INSTRUMENTO COMO POSIBLE VECTOR DE UNA DIVISIÓN DEL TRABAJO CIENTÍFICO

Sin embargo, los esfuerzos para generar redes que permitan compartir instrumental no satisfacen completamente las demandas de uso de equipamientos de los investigadores argentinos de NCT. Y las asimetrías en el acceso al instrumental necesario se amplían si se piensa el nivel nacional en función del internacional. Esta asimetría estructura también las modalidades de colaboración a este último nivel. Los científicos consultados afirman intercambiar el acceso a instrumentos específicos que no disponen por actividades que consumen tiempo de trabajo. Por ejemplo, los resultados de una caracterización o la preparación de una muestra se realizan a cambio del análisis de datos, bibliografía, la redacción de publicaciones o la evaluación de trabajos para revistas especializadas.

Existe también, entre otras colaboraciones, una con un investigador australiano que hace las caracterizaciones en el microscopio electrónico a cambio de participar como autor en las publicaciones (Investigadora, instituto 3).

Algunos investigadores consultados aportan elementos para caracterizar un tipo de división internacional del trabajo científico.

Frecuentemente, el estudiante o el investigador se desplaza para utilizar un instrumento. A cambio, ofrecemos la materia gris y el tiempo disponible. En general, ofrecemos el cerebro: los investigadores locales hacen el análisis de datos, redactan publicaciones, de una manera u otra lo pagamos (Investigadora, instituto 3).

Los investigadores argentinos con quienes dialogamos no consideran que, en esa división del trabajo, les toque realizar trabajos básicos o indeseados a beneficio de los investigadores de países denominados centrales. En efecto, las actividades involucradas en los intercambios a los cuales los entrevistados hacen referencia requieren de la movilización de competencias y saber hacer específicos y reconocidos. Sin embargo, para realizar esas actividades los investigadores argentinos se encuentran ante cierta situación de dependencia respecto de los investigadores de los laboratorios que poseen los instrumentos requeridos. En otros términos, estos investigadores pueden elegir delegar una parte de las actividades de investigación en el marco de una colaboración mientras que los investigadores que no cuentan con esas facilidades de acceso deben colaborar para llevar adelante sus investigaciones. La dependencia de una de las partes respecto de la colaboración es entonces bastante más importante.¹¹

¹¹ Los científicos argentinos también generan nuevos aprendizajes al insertarse en redes interna-

Esa asimetría es potencialmente portadora de una subordinación de los investigadores que no poseen acceso al instrumental. Sin embargo, no todas las colaboraciones con científicos de países centrales en las cuales los investigadores consultados están involucrados pueden calificarse como asimétricas. El espectro de las modalidades de cooperación parece mucho más amplio, sutil y complejo que lo que una explicación unilineal indicaría.¹²

El laboratorio tiene colaboraciones con España, Brasil, Inglaterra. Gran parte de las publicaciones son compartidas con miembros de varios laboratorios. Las colaboraciones se fundan sobre todo en intereses comunes y también en relaciones personales. Son intercambios que permiten el acceso a técnicos, equipos o financiamiento. A veces un laboratorio juega un rol de sucursal respecto del otro. Las colaboraciones se basan en el intercambio de recursos, competencias y también de confianza, y necesitan mucha flexibilidad para durar en el tiempo (Investigador, equipo 2).

Los términos de una colaboración incluyen elementos de confianza tanto como relaciones de poder construidas sobre la base de las asimetrías de recursos disponibles. Asimetrías que, además, varían según el tipo de investigación que se realice y los equipos específicos que estas requieran.

Así, los límites entre cooperación y una especie de subcontratos, es decir subordinación, son a veces frágiles y porosos. Si bien no es nuestro objetivo profundizar sobre la subordinación, es claro que aparece, en las respuestas de nuestros interlocutores, una idea de división internacional del trabajo científico. Y esa división se articula alrededor de la cuestión del acceso a los instrumentos.

Como subrayamos en la introducción, los llamados a colaboración lanzados desde los países centrales refuerzan tal división del trabajo científico (Kreimer, 2006). En las NCT esas convocatorias tienden a influenciar los posicionamientos de los investigadores argentinos. Es el caso de la convocatoria a los proyectos marco financiados por la Comisión Europea, cuyos funcionarios organizaron, en 2006, una videoconferencia para incitar a los investigadores a insertarse en redes y temáticas prioritarias definidas por países europeos para acceder a recursos y financiamiento. Este ejemplo, entre otros, muestra el intento de captar el trabajo de investigación argentino sobre las NCT y orientarlo, eventualmente, hacia ciertas áreas específicas.

cionales. Sin embargo, no es claro cuáles son las consecuencias de esos aprendizajes en la agenda local ni en qué medida tienen capacidad de responder a demandas sociales de conocimiento específicas.

¹² No es nuestro objetivo profundizar en la diversidad de modalidades y vínculos que las colaboraciones incluyen. Esa tarea implicaría ahondar en la historia de las relaciones, la construcción de las redes y otros aspectos que no fueron eje de indagación en nuestro trabajo de campo. Para un análisis de este tipo en las redes europeas consúltese Vinck (1996).

Sabemos que este ejemplo no alcanza para validar la hipótesis acerca de una división internacional del trabajo científico. Sin embargo, orienta a pensar sobre los mecanismos que contribuirían a reforzarla. Tanto la utilización en la práctica científica de nuevas tecnologías de la información (Kreimer, 2006) como de instrumentos poco comunes y costosos, como intentamos mostrar aquí, contribuyen en esa dirección.

DECEPCIONES EN LA COLABORACIÓN CON LA INDUSTRIA

Vimos el rol de los instrumentos en la inserción de equipos de investigación en redes de cooperación científica a nivel nacional y con laboratorios de otros países. En esta última parte abordaremos cómo el acceso a los instrumentos también incide en las colaboraciones con actores de la industria. Para comenzar, es necesario aclarar que los investigadores consultados acuerdan en la importancia de conectar investigación con industria. Sin embargo, a pesar de esa intención se consideran frecuentemente decepcionados por la falta de relación con industriales, cuyas preocupaciones resultan alejadas de las investigaciones que ellos conducen.

La industria argentina carece de interés por el tipo de innovación tecnológica desarrollada en los laboratorios. Por ejemplo, el laboratorio dispone de una licencia de nanofabricación pero no encuentra empresa que se interese. Además, el debate para definir cuales son las prioridades es insuficiente (Investigador, equipo 2).

Los investigadores son conscientes de las posibilidades y los límites de los desarrollos industriales que puedan resultar de sus proyectos. Saben que para alcanzar un avance nacional en NCT deben focalizarse, en sus términos, en nichos tecnológicos en los cuales la competencia frontal con las grandes empresas, los gigantes, pueda ser evitada. Saben también que la industria argentina no puede lanzarse en campos que requieran competencias previas, como la microelectrónica respecto de la nanoelectrónica. En ese sentido, relativizan las promesas que se asocian con este nuevo campo del conocimiento y la producción:

Aquellos que ven en las nanotecnologías una revolución similar a la de internet que permite generar millones, se darán cuenta de que existen obstáculos importantes, como el costo elevado de las inversiones. El desarrollo en nanotecnología es accesible solamente a algunas empresas e instituciones bien financiadas que pueden aprovechar las competencias científicas y técnicas necesarias. Otra diferencia [respecto de internet] es el riesgo necesario para desarrollar nuevos productos. Las nanotecnologías no son candidatas para ganar dinero rápidamente (Investigador, equipo 2).

Las expectativas e intenciones expresadas por los investigadores no alcanzan a generar colaboraciones con la industria. Para muchos de ellos, la creación de la Fundación Argentina de Nanotecnología constituye una promesa de reactivación y fertilización del lazo ciencia-industria. Pero las dificultades de relación obstaculizan el establecimiento de conexiones duraderas entre centros de investigación públicos y el mundo de la economía. Entre esas dificultades se puede mencionar la ausencia en la Argentina de proveedores importantes de equipos científicos usados en la investigación en NCT, lo que causa complicaciones para el mantenimiento y utilización de instrumentos sofisticados.

El mantenimiento de equipos genera grandes dificultades debido a su creciente complejidad y la falta de asistencia técnica. Se hace más difícil, casi imposible, fabricar instrumentos localmente (Investigadora, instituto 3).

Esa ausencia de interacción entre investigadores y equipamiento se hace particularmente problemática cuando se trata de adquirir nuevos instrumentos:

La compra de instrumentos se hace generalmente a partir del catálogo. Comprar un instrumento sin haberlo probado puede generar problemas. Los criterios de elección son múltiples: primero, iguales modelos que aquellos que se utilizan en el laboratorio con el que se colabora; segundo, el equipo que conviene a un grupo de laboratorios en función de intereses comunes; tercero, el equipo más barato en función de un catálogo que no advierte sobre diferencias; y cuarto, el equipo para el cual el servicio posventa aparece como más ventajoso (Investigadora, instituto 3).

Los últimos elementos aquí expuestos inspiran algunos comentarios que exceden el cuadro estricto de los datos trabajados y que deberá ser abordado en investigaciones futuras. En primer lugar, la ausencia de interacción directa entre investigadores y equipamiento no permite participar activamente en el codesarrollo de instrumentos de investigación con quienes comparten los equipos. El estudio de NCT en Grenoble, Francia, ya nos ha mostrado que este codesarrollo estimula la colaboración y estabiliza las redes de cooperación heterogéneas que incluyen actores de la investigación y la industria (Hubert, 2007). Esas colaboraciones, a largo plazo, permiten aproximar preocupaciones de industriales e investigadores, transferir tecnología entre investigación e industria y poner en marcha, progresivamente, un proceso acumulativo de aprendizaje tecnológico (Arvanitis y Villavicencio, 1998). La coordinación entre científicos e industriales, el aprendizaje sobre los usos de los instrumentos y los programas de investigación conjuntos son facilitados por el acceso al instrumental. Como sucede

en las redes de cooperación entre laboratorios públicos, los instrumentos poseen un rol decisivo en la inserción de investigadores en redes de cooperación que incluyen contrapartes industriales. La hipótesis que se deriva de estos planteos es que los instrumentos reconfiguran las prácticas científicas y los conocimientos producidos, y facilitan la relación entre contrapartes científicas e industriales. Esa hipótesis deberá profundizarse a la luz de prácticas concretas de investigaciones, reorientaciones y conocimientos producidos.

ALGUNOS ELEMENTOS DE CONCLUSIÓN

En las páginas anteriores nos aproximamos a algunas modalidades de producción de NCT en la Argentina. Una producción que, a diferencia de lo que sucede en otros países, no se beneficia de una aglomeración geográfica de competencias y recursos. A esos fines, focalizamos *a priori* en dos aspectos distintivos de la actividad científica. Por un lado, la inserción de investigadores en redes de cooperación nacionales e internacionales, formales e informales, con contrapartes diversas. Por otro lado, profundizamos la cuestión del acceso a los instrumentos. Trabajamos con dos equipos y un centro de investigación argentinos que representan un espectro de expectativas en relación con las oportunidades ofrecidas por la NCT: escépticos, nanófilos y pragmáticos.

Las informaciones recabadas aportan elementos para reconstruir la práctica de NCT en la Argentina. En primer lugar, muestran cómo los investigadores se involucran en diversas colaboraciones, producto tanto de experiencias personales como de dispositivos de política científica. En segundo lugar, explicitan la importancia que poseen los instrumentos que a través de ellas disponen. El acceso a recursos tecnológicos específicos y diversos aparece, para los científicos consultados, como decisivo en el desarrollo de sus actividades. La clave de las colaboraciones es, justamente, viabilizar ese acceso y compensar una relativa carencia con la circulación de investigadores y muestras.

Como las condiciones de acceso al instrumental constriñen las actividades científicas, los investigadores se ven forzados a ajustar sus estrategias de investigación y prácticas a esa limitación. Cuando el acceso resulta esporádico, las experimentaciones se planifican con anterioridad (a veces mucho tiempo antes). De alguna manera, la propia organización del trabajo cotidiano se piensa en función de la disponibilidad de los instrumentos. Pero el problema excede la vida interna del laboratorio. Por un lado, afecta la organización de la investigación a escala nacional porque estimula la creación de redes que permitan compartir los instrumentos. Por otro lado, estructura las colaboraciones internacionales. Los investigadores consultados ofrecen, en sus términos, materia gris y tiempo de

trabajo humano a cambio de acceso al instrumental. Las modalidades de inserción a estas colaboraciones son modeladas particularmente por, también en sus propias palabras, los servicios ofrecidos como intercambio por el uso de las tecnologías de investigación.

Si bien con nuestros datos es difícil evaluar cómo son afectados los conocimientos producidos localmente, podemos avanzar algunas características específicas respecto de las colaboraciones con contrapartes industriales. Notamos que las dificultades de acceso al instrumental aleja la posibilidad de colaborar directamente con laboratorios industriales en base al codesarrollo de instrumentos o modalidades de uso. Es decir, los instrumentos no se constituyen en soportes materiales de la transferencia de conocimientos. La falta de acceso a los instrumentos distancia, entonces, las preocupaciones del mundo económico de aquellas propias del mundo científico.¹³

Para terminar destacaremos dos resultados de este trabajo. Por una parte, muestra el rol de la instrumentación como vector de integración y diferenciación al seno de las redes de cooperación.¹⁴ Por otra parte, explicita cómo esos mismos procesos de integración y diferenciación, involucrando el acceso al instrumental, pueden participar en la constitución de desigualdades en el interior de la comunidad científica considerada. Resta saber, entonces, en qué sentido esos resultados nos aclaran aspectos sobre la constitución de desigualdades que la distinción en términos de centro(s) y periferia(s) no explicita. En esa dirección, podemos avanzar al menos tres argumentos que justifican, además, nuestra propia elección analítica.

El primer argumento es de orden teórico. Si bien es posible diferenciar una zona geográfica que sería periférica debido a las dificultades de acceso a los instrumentos y otra zona central que dispone de facilidades de acceso, la distinción en términos de centro(s) y de periferia(s) no permite en ningún caso explicar las diferencias de trayectoria tecnológica entre zonas geográficas de mayor o menor concentración de actores y tecnologías de investigación. Al contrario, tiende a naturalizar una distinción que se construye a través de procesos diversos y complejos. Se trata, así, de no reducir esos procesos a una explicación única.

¹³ Como subraya Martin Meyer (2007), los instrumentos juegan un rol particular en el desarrollo de las NCT: conectan a las diferentes subáreas que componen el campo. Es posible que las dificultades de acceso a los instrumentos relacionadas por los investigadores argentinos impidan concretar tales conexiones entre diferentes subáreas y disciplinas reagrupadas en las NCT.

¹⁴ Ya ha sido mostrado el rol de la instrumentación en la constitución y dinámica de cooperación al seno de las redes científicas (Vinck, 1992). Los instrumentos de investigación afectan las modalidades de coordinación en una red de cooperación y deben tomarse en cuenta en el análisis sin reducir su materialidad y capacidad de acción a conceptos sociológicos clásicos como regla, convención, poder, etc. (Vinck, 1999).

El segundo argumento es de orden más empírico. La explicación determinista en términos de centro(s) y periferia(s) no resiste al hecho de que ciertos institutos o laboratorios argentinos relativamente bien equipados sean considerados por otros actores argentinos como los centros (al seno de otras periferias). Simétricamente, no es poco frecuente escuchar a los investigadores grenobleses considerarse la periferia del centro parisino, aunque el polo grenoblés ilustre el caso de zonas geográficas privilegiadas desde el punto de vista del acceso al instrumental (Robinson *et al.*, 2007; Vinck, 2008).

El tercer y último argumento concierne a las políticas científicas. En efecto, el hecho de cuestionar los usos que se hacen de los conceptos de centro y periferia no niega las evidentes desigualdades entre zonas geográficas. El objetivo es simplemente abrir espacios de descripción y análisis de los procesos de formación de desigualdades sin prejuizar los componentes que contribuyen a cristalizarlas. Por ese medio, se trata de abrir a la discusión en la formulación de las políticas científicas y de hacer posible una ingeniería sociotécnica que contribuya a compensar y reequilibrar desigualdades.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación realizada en el año 2006 ha sido posible gracias al financiamiento del programa ECOS-SUD y la acogida de Pablo Kreimer y su equipo del Instituto de Estudios sobre Ciencia y Tecnología (IEC) de la Universidad Nacional de Quilmes, a quienes expresamos nuestra gratitud. Agradecemos igualmente a todos los investigadores que nos recibieron en sus laboratorios y nos dedicaron parte de su tiempo y sus apreciaciones.

ANEXO 1. DISPOSITIVOS DE COORDINACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DEL ESFUERZO DE INVESTIGACIÓN ARGENTINO¹⁵

LAS REDES DE COOPERACIÓN CIENTÍFICA

Al reconocer a las NCT como campo prioritario, la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva impulsó la formación de cuatro redes de cooperación científica:

-materiales nanoestructurados y nanosistema;

¹⁵ La reciente movilización alrededor del desarrollo de las NCT en la Argentina no permite dar cuenta de los efectos producidos por dispositivos apenas puestos en funcionamiento. Su capacidad de estructuración de la investigación local queda, en particular, a demostrar.

- moléculas, supramoléculas e interfaces;
- diseño, simulación, fabricación de nano y microdispositivos; y
- autoorganización de bionanoestructuras para la transmisión de información molecular, para las neurociencias y los procesos biológicos

Las redes, evaluadas y aprobadas por dicha Secretaría, involucran unos trescientos investigadores y recibirán 300 mil pesos (100 mil dólares aproximadamente) por año durante un período de tres. A fines de 2006, los financiamientos no habían sido aún distribuidos y, excepto algunos intercambios informales, las redes no estaban activadas. Como remarca un investigador consultado, los fondos, otorgados por cantidad de investigadores, alcanzarán solo a financiar desplazamientos de investigadores y doctorandos en el país y se utilizarán para mejorar el acceso a los instrumentos. Es notable que esta división en redes reinstala las barreras disciplinarias (física, química, ingeniería y biología respectivamente) y se aleja así del discurso sobre interdisciplinaridad que pretenden impulsar las NCT.

LA FUNDACIÓN ARGENTINA DE NANOTECNOLOGÍA

El Ministerio de Economía y Producción creó la Fundación Argentina de Nanotecnología en 2005. Su decreto fundacional suscitó elogios y críticas de diversa índole por parte de diversos actores. Mientras algunos periódicos destacaban el esfuerzo de vinculación entre científicos e industria, científicos involucrados en el desarrollo de NCT, otros medios de comunicación y representantes políticos cuestionaron desde sus mecanismos de creación, sus consideraciones técnico-legales hasta las fuentes de financiamiento y las aplicaciones posibles (Figuroa y Andrini, 2008). Estos cuestionamientos abrieron una oportunidad de discusión de las nanociencias y las nanotecnologías que no se dio en otros países de la región.

El objetivo principal de la Fundación Argentina de Nanotecnología, coordinada desde el propio Ministerio, es promover en el país el desarrollo de las nanociencias, micro y nanotecnologías abriendo la participación a distintas empresas (la propuesta original había sido una única empresa lo cual había sido muy cuestionado). A esos fines, en 2006 se anunció la apertura del primer concurso para financiar propuestas en nanotecnología orientados a la innovación o al mejoramiento productivo. Una veintena de ideas-proyecto, que asociaron empresas, investigadores e institutos de investigación, se presentaron a esa primera convocatoria. Para algunos entrevistados, la creación de la Fundación ilustra el reconocimiento creciente del rol de la investigación en el desarrollo económico.

EL CENTRO BINACIONAL ARGENTINO BRASILEÑO¹⁶

El Centro Binacional Argentino Brasileño de Nanotecnologías, construido sobre el modelo del Centro Binacional de Biotecnologías y dirigido por el lado argentino por la SECYT, tiene el objetivo de promover la cooperación científica en el campo de NCT. La entidad está esencialmente focalizada en la formación de recursos humanos, la coordinación potencial de proyectos entre redes de cooperación argentinas y brasileñas y el fortalecimiento del lazo entre actores científicos y empresas interesadas en el desarrollo de productos ligados a esas investigaciones. Sin embargo, algunos entrevistados y participantes de los seminarios a los cuales asistimos señalan la insuficiencia de lazos entre ambos países.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrini, L. y S. Figueroa (2008), "El impulso gubernamental a las ciencias y nanotecnologías en Argentina", en Foladori, G. y N. Invernizzi (comps.), *Nanotecnologías en América Latina*, México, M. A. Porría, (de próxima aparición).
- Arnall, A. y D. Parr (2005), "Moving the nanoscience and technology (NST) debate forwards: short-term impacts, long-term uncertainty and the social constitution", *Technology in Society*, N° 27, pp. 23-38.
- Arvanitis, R. y D. Villavicencio (1998), "Comparative perspective on technological learning: Introduction", *Science, Technology and Society*, vol. 3, N° 1, pp. 1-9.
- Carton, M. y J. B. Meyer (comps.) (2006), *La société des savoirs. Trompe-l'œil ou perspectives?*, París, L'Harmattan.
- Delgado, G. C. (2007), "Sociología política de la nanotecnología en el hemisferio occidental: el caso de Estados Unidos, México, Brasil y Argentina", *Revista de estudios sociales*, N° 27, pp. 164-181.
- Fogelberg, H. y H. Glimell (2003), *Bringing visibility to the invisible: towards a social understanding of nanotechnology*, Gotemburgo, Göteborg University.
- Foladori, G. y N. Invernizzi (2005), "Nanotechnology and its socio-economic context", *Science studies*, vol. 18, N° 2, pp. 67-73.

¹⁶ El gobierno brasileño también concentra esfuerzos en el desarrollo de NCT. Por un lado, capitalizando infraestructuras importantes como el sincrotrón de Campinas. Por otro lado, con nuevas iniciativas como el Programa Nacional de Nanotecnología creado en el año 2004. Las inversiones en el marco de ese programa superaron los 74 millones de reales (aproximadamente cincuenta millones de dólares) en el período 2005-2006 y el mismo monto fue previsto para los dos años siguientes. Una encuesta del Ministerio de Ciencia y Tecnología muestra que, entre los años 2002 y 2005, las redes de investigación sumaron trescientos investigadores, 77 establecimientos de enseñanza e investigación y 13 empresas, se publicaron más de mil artículos y se desarrollaron cerca de 90 patentes. Fuente: <<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/40310.htm>>, consultado el 29 de octubre de 2007.

- Guan, J. y N. Ma (2007), "China's emerging presence in nanoscience and nanotechnology", *Research Policy*, vol. 36, N° 6, pp. 880-886.
- Hessenbruch, A. (2004), "Nanotechnology and the negotiation of novelty", en Baird, D., A. Nordmann y J. Schummer (comps.), *Discovering the nanoscale*, Amsterdam, IOS Press, pp. 135-144
- Hubert, M. (2007), "Hybridations instrumentales et identitaires dans la recherche sur les nanotechnologies. Le cas d'un laboratoire public au travers de ses collaborations académiques et industrielles", *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, N° 2, pp. 243-266.
- Jouvenet, M. (2007), "La culture du 'bricolage' instrumental et l'organisation du travail scientifique. Enquête dans un centre de recherche en nanosciences", *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, N° 2, pp. 189-220.
- Kostoff, R. N., R. G. Koytcheff y G. Y. Lau Clifford (2007), "Global nanotechnology research metrics", *Scientometrics*, vol. 70, N° 3, pp. 565-601.
- Kreimer, P. (1997), "Migration of scientists and the building of a laboratory in Argentina", *Science, Technology and Society*, vol. 2, N° 2, pp. 229-259.
- (2006), "¿Dependientes o integrados? La ciencia latinoamericana y la nueva división internacional del trabajo", *Nómadas*, N° 24, pp. 199-212.
- Meyer, J. B. (2005), "Les diasporas de chercheurs, un atout pour l'avenir?", *Pour la science*, N° 328, pp. 14-17.
- Meyer, M. (2007), "What do we know about innovation in nanotechnology? Some propositions about an emerging field between hype and path-dependency", *Scientometrics*, vol. 70, N° 3, pp. 779-810.
- Mody, C. M. (2004), "How probe microscopists became nanotechnologists", en Baird, D., A. Nordmann y J. Schummer. (comps.), *Discovering the nanoscale*, Amsterdam, IOS Press, pp. 119-133.
- Pouris, A. (2007), "Nanoscale research in South Africa: a mapping exercise based on scientometrics", *Scientometrics*, vol. 70, N° 3, pp. 541-553.
- Robinson, D. K. R., A. Rip y V. Mangematin (2007), "Technological agglomeration and the emergence of clusters and networks in nanotechnology", *Research Policy*, vol. 36, N° 6, pp. 871-879.
- Vinck, D. (1992), *Du laboratoire aux réseaux. Le travail scientifique en mutation*, Luxembourg, Office des Publications Officielles des Communautés Européennes.
- (1996), "The dynamics of Scientific Intellectuals Within the Integrative Trend in Europe: The Case of Co-operation Networks", en Elzinga A. y C. Landström (comps.), *Internationalism and Science*, Londres, Taylor Graham, pp. 162-198.
- (1999), "Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales", *Revue Française de Sociologie*, vol. XI, N° 2, pp. 385-414.
- (2006), "L'équipement du chercheur. Comme si la technique était déterminante", *Ethnographique.org*, N° 9, (on line).
- (2008), "The 'enterprise of science': construction and reconstruction of social cohesion around nano", inédito.

- Wong, P. K., Y. P. Ho y C. K. Chan (2007), "Internationalisation and evolution of an emerging technology: the case of nanotechnology", *Scientometrics*, vol. 70, N° 3, pp. 715-737.
- Zhou, P. y L. Leydesdorff (2006), "The emergence of China as a leading nation in science", *Research Policy*, vol. 35, N° 1, pp. 83-104.
- Zucker, L. G., M. R. Darby, J. Furner, R. C. Liu y H. Ma (2007), "Minerva unbound: Knowledge stocks, knowledge flows and new knowledge production", *Research Policy*, vol. 36, N° 6, pp. 850-863.

Artículo recibido el 1° de diciembre de 2008.

Aprobado para su publicación el 1° de febrero de 2009.

LAS REDES CIENTÍFICAS COMO RESPUESTA A LA EMERGENCIA DE LAS NANOCIENCIAS Y NANOTECNOLOGÍAS

EDUARDO ROBLES BELMONT*

RESUMEN

El presente texto trata sobre la construcción de redes de colaboración científica en el área de la nanociencias y nanotecnologías en México, como respuesta a la insuficiencia de infraestructura en las plataformas científica. Este texto se apoya en el estudio de caso de dos redes de colaboración científicas: la primera es una red que limita su campo de acción en el mundo académico y una segunda que mantiene relaciones de colaboración entre instituciones de México y Texas, contemplando también impulsar la vinculación investigación e industria. Esta investigación se basa en una etnografía de laboratorios, incluyendo visitas y una serie de entrevistas a actores de diversos laboratorios y centros de investigación, y en la utilización de herramientas de la ciencimetría (conteo y análisis de la producción científica certificada), así como en el análisis de documentos tales como reportes institucionales, textos de política de desarrollo de ciencia y tecnología, y publicaciones de divulgación científica, entre otros.

PALABRAS CLAVE: REDES DE COLABORACIÓN – COOPERACIÓN CIENTÍFICA – NANOCIENCIA – NANOTECNOLOGÍA – ACCESO A INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS – PLATAFORMA CIENTÍFICA

INTRODUCCIÓN

Con el avance que han conocido últimamente las nanociencias y nanotecnologías (NCT), han surgido a nivel global nuevas promesas de avance científico e industrial y, también, controversias sobre el alcance de dichas tecnologías. En el mercado mundial, la nanotecnología representa un nuevo nicho: el instituto Lux Research, en su publicación *The Nanotech Report 4* (2006), prevé que para el año 2014 el monto total mundial de bienes producidos con nanotecnologías alcance los 2,6 trillones de dólares.

Partiendo del supuesto generalmente aceptado de que el progreso tecnológico de una nación refleja el estado de su adelanto económico y social, México, como otros países en desarrollo, da cada vez más importancia a esta área científica que

* Doctorante en PACTE Politique Organisations, Université Pierre Mendès France, Grenoble, Francia, <roblesbelmont@yahoo.fr>.

es percibida como una oportunidad para pasar el umbral del subdesarrollo. Para el caso de México, le ha sido asignado un lugar no despreciable al desarrollo de las nanotecnologías en la estrategia de la política científica y tecnológica del país.¹ En el seno de la comunidad científica mexicana, la cuestión del papel de las instituciones y centros de investigación públicos en esta nueva revolución industrial² es tema de discusión. Los primeros trabajos académicos sobre el estado de las NCT en México han señalado la ausencia de una verdadera política nacional de desarrollo de estas tecnologías, pero estos trabajos han mostrado también que, a pesar de esto, varios proyectos de investigación en esta área comienzan a ver el día (Foladori y Zayago, 2007; y Delgado, 2007). Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de los políticos y de los actores que gestionan estos proyectos, México no logra dejar atrás su dependencia tecnológica con respecto de los países desarrollados. Parece, entonces, que los investigadores mexicanos no esperan que una política nacional sea el catalizador de la progresión de las NCT.

En relación con las inversiones públicas en las plataformas tecnológicas, es indudable que las condiciones de la investigación en los países menos industrializados están en desventaja frente a las condiciones de los países más industrializados. De hecho, estos últimos han puesto en marcha programas de inversiones colosales en dos modelos de construcción de plataformas científicas (Robinson *et al.*, 2007; Vinck, 2006a): las redes de cooperación científica y la concentración geográfica de la investigación. Esto nos lleva entonces a pensar dos casos de situaciones asimétricas del desarrollo de las NCT: en el primer caso, los investigadores disponen de ciertos instrumentos y de los recursos suficientes para llevar a cabo sus proyectos; en el segundo caso, los recursos financieros para crear y mantener plataformas científicas hacen realmente falta. La realidad de la investigación mexicana corresponde al segundo caso expuesto. Entonces, si México se ve afectado por la escasa disposición de recursos tecnológicos, la pregunta es: ¿cómo los investigadores logran efectuar proyectos en el área de las NCT?

Así, para responder a esta pregunta, hemos llegado a la hipótesis que los investigadores mexicanos construyen redes locales e internacionales para paliar la insuficiencia de la infraestructura tecnológica y científica. Estas redes de colaboración científica pueden estar constituidas por entidades académicas e industriales.

Para verificar esta hipótesis, centramos entonces nuestro cuestionamiento

¹ Las conclusiones del Foro Consultivo Científico y Tecnológico, realizado en noviembre de 2006 en la ciudad de México, consideran el apoyo al desarrollo de la nanotecnología como una acción estratégica.

² Para el caso de México la proposición de la Academia Mexicana de Ciencias sobre las políticas públicas en materia de investigación e innovación, las NCT tienen un lugar importante como eje prioritario de investigación (Paredes, 2006).

sobre la comprensión de las estrategias de los investigadores mexicanos para tener acceso a las plataformas tecnológicas y científicas. Más precisamente, se trata de entender cómo estos investigadores formaron, se adhirieron o adaptaron las redes de colaboración con sus pares de otras instituciones. Las preguntas a aclarar reposan sobre los tipos de intercambios existentes entre los actores –materia gris contra acceso a las plataformas, por ejemplo– y los tipos de recursos que estos movilizan (materiales, humanos, financieros).

Para nuestro análisis entendemos el concepto de red de colaboración científica como una forma de organización del trabajo en la ciencia. Estas redes de colaboración están formadas por laboratorios, centros e institutos de investigación que trabajan en conjunto sobre un tema, un problema o un proyecto (Vinck, 2007). Son redes heterogéneas ya que en el seno de estas encontramos actores provenientes de diferentes disciplinas de la ciencia. Normalmente, las redes de colaboración científica son informales en el sentido de que no cuentan con un reconocimiento institucional; en nuestros estudios de caso analizaremos una red informal y una formal. Para la identificación de los actores de las redes analizadas, consideramos a los objetos humanos y no humanos como actores en la red en los términos propuestos por Callon para el análisis de redes científicas (Callon, 1989). Sin embargo, usamos también la noción de entidad para referirnos a las universidades, laboratorios, centros e institutos de investigación para distinguirlos de los actores humanos.

Cabe mencionar que el presente estudio se inscribe en un proyecto de investigación de tesis doctoral que advierte, en términos generales, sobre la comprensión de la dinámica de la construcción de plataformas tecnológicas y científicas en el campo de las NCT en México, investigación que se interesa por los procesos de planificación, negociación, ajuste y reorientación de las plataformas y de sus reglas de acceso y uso.

METODOLOGÍA Y ESTUDIOS DE CASO

Para abordar nuestro campo de investigación y verificar nuestra hipótesis, hemos utilizado una metodología basada en herramientas tanto cualitativas como cuantitativas. Se trata, de una parte, de realizar una serie de entrevistas semiestructuradas a los investigadores, técnicos, estudiantes y personal administrativo. Para efectuar estas encuestas, nos apoyamos en una guía constituida de una serie de preguntas sobre cuatro ejes: a) el funcionamiento y la estructuración de las plataformas científicas y tecnológicas, b) las colaboraciones científicas, c) las reglas de acceso y uso de las plataformas en cuestión y d) la dinámica de las temáticas y de las actividades de la investigación en las NCT.

También nuestra investigación se apoya en el análisis de documentos tales como reportes institucionales, política de desarrollo de ciencia y tecnología, publicaciones de divulgación científica, entre otros.

Concerniente a la parte cuantitativa, hemos utilizado algunas herramientas de la cientometría. El interés de lo anterior reside en el hecho de que podemos obtener datos sobre la producción de “conocimientos certificados” (Callon *et al.*, 1993) en el campo de las NCT en México: es decir, trabajos académicos publicados en revistas científicas indexadas (*Materials Letters, Journal of Molecular Structure, Journal of Applied Physics...*). Entonces, consultando la base de datos ISI Web of Science, hemos extraído material para construir gráficos que nos permiten verificar las redes de colaboración y su impacto sobre la productividad científica en México.

Con el fin de identificar los principales actores de la investigación de las NCT en México, hemos efectuado una exploración de los sitios web de las principales universidades mexicanas. Se constituyó una lista de al menos cinco redes de colaboración científica y de más de diez laboratorios y centros de investigación en NCT (véase anexo 1). Como estudios de caso, hemos escogido de esta lista heterogénea dos redes de investigación especializadas en áreas fuertemente ligadas a las NCT. Se trata de dos redes eventualmente diferentes. El primer caso es la Red de Grupos de Investigación en Nanociencias y Nanotecnologías (Regina) de la UNAM: el campo de acción está limitado al mundo académico y es una red informal en el sentido de que no tiene un estatuto institucional. Nuestro segundo estudio de caso es sobre el Centro Internacional de Nanotecnología y Materiales Avanzados (ICNAM, por sus siglas en inglés): es una iniciativa que pretende ir más allá del mundo académico, vinculando la investigación con la industria de la zona fronteriza entre México y Texas. Este instituto está dedicado a la promoción de colaboraciones, redes e interacciones entre investigadores e ingenieros de la Universidad de Texas en Austin y universidades y centros de investigación mexicanos que trabajan en el área de los materiales. Nuestra encuesta se llevó a cabo solo en los centros de investigación de México que participan en el ICNAM.

En fin, nuestra investigación se desarrolló, por parte de Regina, en el Instituto de Física (IF), el Instituto de Investigación de Materiales (IIM) y la Facultad de Química (FQ) de la UNAM. Y concerniente al ICNAM, mantuvimos encuentros y entrevistas con investigadores y estudiantes, así como visitas de laboratorios del CINVESTAV (unidad Querétaro, CINVESTAV-Qro), del Instituto Politécnico Nacional (IPN, Escuela Superior de Física Matemáticas y el Centro de Materiales Avanzados), de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL, Facultad de Ingeniería Civil y de Física Matemáticas), de la Universidad de las Américas en Puebla (UDLA), del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), y del Instituto Potosino de Investigación, Ciencia y Tecnología (IPICYT).

UNA RED EN EL MUNDO ACADÉMICO: REGINA-UNAM

La red Regina fue creada oficialmente en el año 2003, en el seno del Instituto de Física de la UNAM, instituto que fue fundado en 1938 y que está compuesto de los departamentos de Estado sólido, Física experimental, Física química, Física teórica, Materia condensada y Sistemas complejos. La idea de la conformación de esta red surgió en el año 2000, en el curso de una serie de conferencias entre investigadores del Instituto de Física. En dichas exposiciones, la cuestión central era discutir una estrategia para que la UNAM pudiera competir a nivel mundial en el área emergente de las NCT, tomando en cuenta la escasez de instrumentos científicos debida a la baja inversión en infraestructura en la ciencia en México. En el 2004, la red Regina se expandió a otros institutos y centros de investigación de la UNAM. Actualmente, los investigadores que forman parte de la red provienen principalmente del Instituto de Física, del Instituto de Investigación de Materiales, del Centro de Ciencias de la Materia Condensada (CCMC, ahora llamado Centro de Nanociencias y Nanotecnología, CNYN), del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA), de la Facultad de Química, del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADDET), del Instituto de Ciencias Físicas (CCF), del Centro de Investigaciones en Energía (CIE) y del Instituto de Biotecnología (IBT), entre otros.

En el folleto de presentación de Regina figura que dentro de las entidades de investigación básica y aplicada, 60 investigadores, 30 técnicos y 100 estudiantes están organizados en 22 grupos de investigación que efectúan proyectos en las cuatro etapas de las NCT: 1) la teoría y la simulación, 2) la síntesis, 3) la caracterización y 4) la aplicación. Las tres primeras etapas son las que más se desarrollan en la UNAM. La cuarta etapa es la menos desarrollada ya que no se ha establecido una vinculación estrecha con la industria que permita la transferencia de las posibles aplicaciones desarrolladas.³

La investigación en Regina está organizada por 22 líneas de exploración, que son desarrolladas por los grupos que conforman la red: 10 líneas en la vertiente de la teoría y simulación, y 12 líneas en la de síntesis y caracterización. La infraestructura para el desarrollo de todas estas líneas, ya sean experimentales o teóricas, está conformada por 15 laboratorios, entre los cuales, podemos contar laboratorios de simulación (clusters de PC y de Alphas), de síntesis (polímeros, nanomateriales, equipos para síntesis de películas delgadas y para rocío pirrolítico,

³ Los proyectos desarrollados en la UNAM en colaboración con la industria en el área de las NCT son mínimos en comparación con los proyectos puramente académicos. En México, la transferencia de tecnología de estas ciencias a la industria es escasa, a pesar de que las investigaciones en materiales encuentran aplicaciones interesantes que pueden agregar valor a las propiedades mecánicas de los materiales.

entre otros) y de caracterización (microscopios de fuerza atómica, microscopios electrónicos de transmisión y de barrido, así como equipos de análisis químico por rayos-x, de difracción electrónica y de espectrometría, etc.). Dentro de la infraestructura de la red Regina se encuentran también un acelerador de partículas Peletrón y el Laboratorio Central de Microscopia de la UNAM, ambos en instalaciones del IF.

Como ya hemos mencionado, la iniciativa de crear la red Regina surgió de una serie de reuniones en el IF donde la cuestión central fue evaluar las capacidades de la UNAM para competir a nivel mundial en el área emergente de las NCT. Una de las cuestiones centrales de las discusiones en dichas reuniones fue la escasez de recursos financieros para el desarrollo de las nanociencias en buenas condiciones. En este contexto, la decisión tomada fue crear una red de colaboración científica enfocada a cubrir cuatro objetivos: promover, organizar, realizar y representar. A continuación se exponen en detalle estos objetivos y las acciones emprendidas por los miembros de la red con el fin de lograrlos.

El primer objetivo es “*promover* la colaboración entre los grupos de investigación de la UNAM, y esto con el fin de crear proyectos interdisciplinarios y racionalizar la utilización del equipo científico”. A través de la colaboración se pretende evitar la duplicidad de los instrumentos científicos, ya que solo para la etapa de caracterización existen equipos costosos como es el caso de los microscopios. La red ha difundido los proyectos de investigación dentro de la UNAM, que a la vez permiten el establecimiento de relaciones informales entre los grupos de investigadores, a través de las cuales se puede tener acceso a ciertos instrumentos científicos.

El segundo objetivo es el de “*organizar* eventos académicos (coloquios, conferencias, seminarios, cursos, etc.) en el tema de nanociencia de forma coordinada, tomando en cuenta los intereses de los grupos de investigación participantes”. La realización de estos eventos ha permitido, de una parte, que los grupos involucrados se conozcan y, de otra parte, dar a conocer los temas desarrollados por los mismos grupos. Además, revisando los programas de dichos eventos se ha constatado que la participación no es exclusiva para los investigadores de la UNAM: en noviembre de 2004, Regina organizó el International Workshop on Nanoscience⁴ que registró 129 participantes, de los cuales 33 fueron externos a la UNAM. Estos eventos académicos son puntos de partida de relaciones de colaboración, algunas de las cuales han madurado y desembocado en proyectos específicos de investigación.

El tercer objetivo es “*realizar* la difusión del trabajo de manera organizada”. Para cubrir este objetivo, los organizadores de la red se sirven de la página web

⁴ Véase el sitio web: <<http://www.fisica.unam.mx/nanoifunam/workshop2004/>>.

de Regina, en la cual se expone la información sobre la red, las líneas de investigación y los grupos que las desarrollan, así como un repertorio bibliográfico de los artículos producidos por sus miembros. También por medio de la página web se tiene contacto con la sociedad civil, ya que ocasionalmente llegan mensajes electrónicos de gente que solicita información sobre las NCT. Otra forma de difundir el trabajo es respondiendo a las invitaciones para asistir a eventos efectuados por otras instituciones (presentaciones de la red en foros y congresos académicos, por ejemplo) y, por otra parte, los coloquios y seminarios organizados por Regina también son espacios para la difusión de los trabajos efectuados por los miembros de la red.

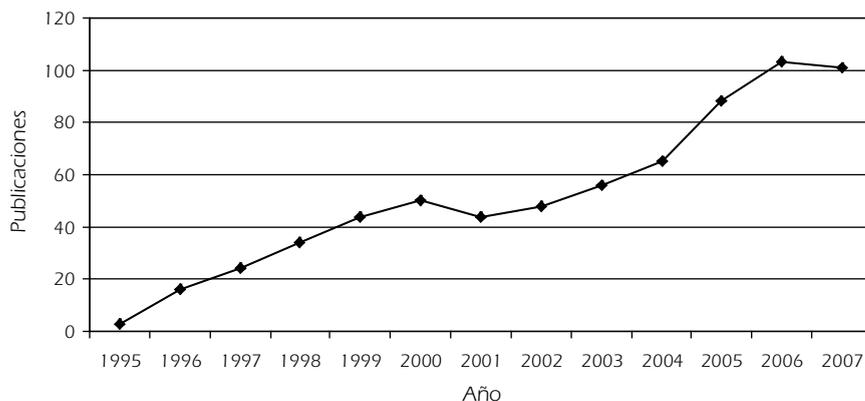
El último objetivo es “*representar* la red Regina en redes equivalentes a nivel nacional e internacional”. Los organizadores de Regina han participado en foros nacionales e internacionales para presentar la red ante sus homólogos. Actualmente, Regina es la referencia como la organización de grupos de investigadores en las NCT de la UNAM. Esto lo constatamos durante nuestra encuesta, ya que en varias ocasiones investigadores de otros institutos evocaron Regina para referirse a la organización de la UNAM que trabaja sobre las nanociencias.

Con el fin de verificar el crecimiento de la colaboración científica dentro de la UNAM, hemos consultado la base de datos de la Science Citation Index, en su versión Web of Science, para obtener datos que reflejen la producción científica de la UNAM⁵ en el área de las NCT. Se trata de estudiar los artículos publicados en revistas indexadas, que son los resultados de los proyectos de investigación desarrollados por los grupos implicados en la red. Con estos datos hemos construido el gráfico 1, en el cual la curva muestra que a partir del año 2004 hay un crecimiento importante en la producción concerniente a las nanociencias, fecha previa a la apertura del campo de acción de Regina a todas las instituciones y centros de la UNAM. Este crecimiento, que se alarga hasta el año 2006 (aunque en 2007 vemos un descenso de dos artículos publicados), se explica con la intensificación de las actividades académicas coordinadas por la red. Por otra parte, los resultados obtenidos comparados con la producción nacional nos muestran que los artículos publicados por la UNAM representan el 42,70% del total nacional (676 artículos de 1.583 durante el período de 1995 a 2007); la universidad es más productiva en estos términos. Según otra fuente, la UNAM ocupa, a nivel internacional, el lugar setenta.⁶

⁵ Para la extracción de estos datos se usó una serie de palabras clave propuesta por Mogoutov y Kahane (2007), centrándonos evidentemente en las publicaciones de instituciones mexicanas; véase Anexo 2.

⁶ Fuente: artículo publicado el 28 de agosto de 2007 en el cotidiano *El Universal*, concerniente a una mesa redonda sobre las nanobiotecnologías en México, evento coordinado por Gian Carlos Delgado R., investigador en el CEIICH-UNAM y miembro de la ReLans.

Gráfico 1. Dinámica de la producción científica en el área de las nanociencias de la UNAM



Fuente: Elaboración propia sobre la base de los datos obtenidos a partir de la consulta de la WoS.

Sobre el financiamiento de Regina, cabe señalar que la red no cuenta con un estatuto oficial como entidad o institución, motivo por el cual no dispone de un presupuesto determinado para su funcionamiento. Sin embargo, esta informalidad les permite conservar amplios grados de libertad a los actores para la realización de los eventos ya mencionados. De esta forma, los gastos son cubiertos con recursos provenientes de los proyectos individuales de los investigadores involucrados (proyectos financiados por el CONACYT y por la UNAM) y con el apoyo puntual de los institutos o centros de investigación.

También es importante recalcar el objetivo de la red Regina sobre la racionalización de los equipos científicos. A pesar de que la red no cuenta con un fondo económico para apoyar proyectos (compra de reactivos y equipo científico, becas para estudiantes, movilidad de investigadores y estudiantes, etc.), las actividades académicas organizadas en el marco de la red Regina ponen en contacto a los investigadores de las diferentes entidades de la UNAM que antes no lo estaban necesariamente. Estas nuevas relaciones son, en la mayoría de los casos, relaciones informales de colaboración. De hecho, para los fundadores de esta red, promover las colaboraciones dentro de la UNAM es la estrategia para evitar la “duplicidad” de los equipos científicos, ya que por experiencia saben que el acceso a los equipos científicos por medio de relaciones informales de colaboración puede ser más fácil que a través de relaciones formales interinstitucionales, en las cuales se les exige pasar por trámites burocráticos.

UNA RED TRANSFRONTERIZA: EL ICNAM

El ICNAM es una iniciativa que tiene como principal fin la promoción de la colaboración científica entre la Universidad de Texas (UT) en Austin y varios centros de investigación en México, así como la participación de la industria en ambos lados de la frontera. Del lado mexicano, las instituciones involucradas en esta iniciativa son el CONACYT y el CIMAV. La creación del ICNAM se formalizó en noviembre de 2004 con un acuerdo entre el CONACYT y la UT en Austin, firmado por el presidente mexicano, el director del CONACYT y el vicepresidente de investigación de la UT en Austin. Los primeros proyectos de investigación efectuados dentro del marco del ICNAM vieron la luz en el año 2005.

Las relaciones de colaboración científica entre la UT en Austin y América Latina se estrecharon bajo la dirección del doctor Juan Sánchez, vicepresidente de investigación de la UT en Austin. Concerniente a la participación de México, es importante señalar el papel del doctor José Yacamán, director del ICNAM, quien es uno de los más altos científicos mexicanos en el área de la física y la microscopía. La trayectoria profesional del doctor Yacamán, que se destacó como profesor e investigador en el IF de la UNAM (de la década de 1970 a principios de la década de 1990 y quien fue un impulsor de la creación del laboratorio de microscopía de la UNAM) y que ocupó cargos de alta responsabilidad en el CONACYT (primera mitad de la década de 1990), le ha permitido tejer una amplia red de importantes relaciones, tanto con la comunidad científica mexicana y extranjera como con decisiones políticas, y que han sido movilizadas para el impulso del ICNAM.

Los temas de investigación de interés del ICNAM están principalmente en el área de la ingeniería y las ciencias de los materiales, en la que las NCT han encontrado un gran campo de desarrollo y en la que México cuenta con diversos centros o laboratorios de investigación: institutos y centros de la UNAM (IIM, CFATA, FQ, CCMC, etc.), IPICYT, CIQA, IF-BUAP, CINVESTAV, UANL, UASLP, IPN y el CIMAV, entre otros. La cuestión de la escasez de instrumentos científicos es un punto en común para las instituciones antes mencionadas, y esto aun si algunas de estas instituciones cuentan con ciertos equipos. Lo anterior representa entonces una de las preocupaciones centrales del ICNAM (la vinculación con la industria es otro punto central, que abordaremos más adelante), motivo por el cual este “ofrece la posibilidad de utilizar el equipo de investigación de clase mundial en la UT y en instituciones de América Latina”. Para lograr este objetivo, el ICNAM cuenta con una estrategia que consiste en efectuar una serie de actividades (véase cuadro 1), todas dirigidas hacia el establecimiento de condiciones favorables para la creación de redes de investigación. Para la gestión de estas actividades, el ICNAM dispone de una representación de cada lado de la frontera; del lado mexicano el representante se encuentra en el CIMAV y del lado estadounidense, en el Departamento de Ingeniería Química de la UT en Austin.

Cuadro 1. Actividades del ICNAM

Principales actividades del ICNAM
Establecer redes de investigación.
Organizar talleres en las áreas de investigación en nanotecnología y ciencias de los materiales.
Realizar reuniones de actualidad.
Estimular la industria a ambos lados de la frontera.
Ofrecer cursos de formación en nuevas técnicas disponibles en UT en Austin en particular los servicios disponibles en el TMI.
Promover el intercambio de estudiantes de posgrado.
Desarrollar la supervisión conjunta de los alumnos de posgrado entre Texas y los científicos de América Latina.
Promover el intercambio de posdoctorado.
Promover los intercambios de alto nivel de investigación.
Proporcionar apoyo complementario para estancias/sabático.
Preparar materiales educativos.
Brindar soporte para el uso común de equipos en una red de investigación.
Brindar apoyo a las visitas y talleres de verano para el desarrollo de los cursos en los materiales innovadores para las Américas.

Fuente: <<http://www.engr.utexas.edu/icnam/index.htm>>.

Las actividades propuestas por el ICNAM se concretizan por medio de proyectos de investigación que deben ser presentados en conjunto por una parte mexicana y una de la UT (u otra institución estadounidense participante), y estos no pueden tener una duración mayor a los 18 meses. En términos de límites de fechas, no existe una convocatoria para la presentación de los proyectos. Su aceptación está condicionada a que el financiamiento demandado sea utilizado para cubrir los costos del transporte, de la manutención, por el uso de los instrumentos⁷ y de los seguros médicos de los investigadores durante la estancia. Para el financiamiento de los proyectos, ambas partes de la frontera destinan cantidades

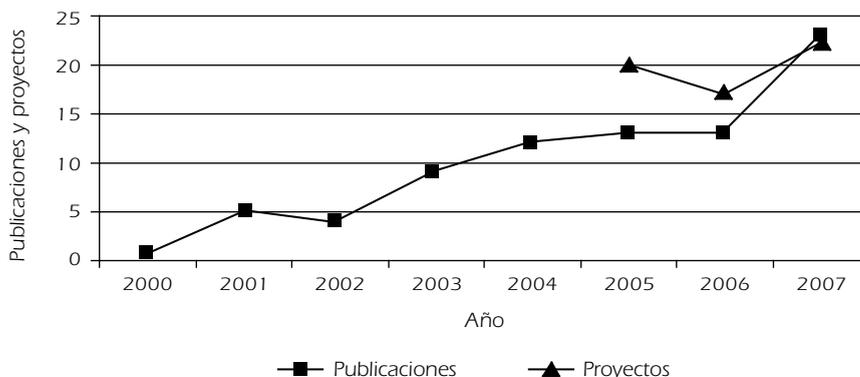
⁷ La utilización de los instrumentos en los laboratorios visitados en nuestra encuesta implican un “costo de utilización” (mantenimiento, energía, técnicos, etc.) que son cubiertos por los recursos financieros destinados a los proyectos de investigación. Por ejemplo, los costos de utilización de un microscopio de barrido electrónico van de treinta a setenta dólares estadounidenses por sesión.

iguales. Del lado mexicano, el financiamiento proviene del CONACYT, y del lado de Estados Unidos, el financiamiento se canaliza por medio de la UT, y proviene de agencias estatales estadounidenses (National Science Foundation, National Institutes of Health y Department of Energy). La industria y las fundaciones pueden ser también otras fuentes de financiamiento.

La infraestructura del ICNAM está conformada, principalmente, por la instrumentación científica de los centros e institutos de investigación de la UT que participan en la red. Se trata del Instituto de Materiales de Texas (TMI), del Centro para la Ciencia y Tecnología Nano y Molecular (CNM) y del Centro de Investigación de Materiales Avanzados (AMRC), así como del Instituto de Química Teórica, del Centro de Investigación en Microelectrónica (Microelectronics Research Center) y del Centro de Supercómputo. Por otra parte, cabe mencionar que la red no solo se limita a trabajar en territorio texano: en enero de 2007 se llevó a cabo una estancia de tres investigadores del CCMC-UNAM en el Pacific Northwest National Laboratory (PNNL). En fin, el interés de trabajar en colaboración con la UT radica en la base sólida que representa la infraestructura de estos institutos y en el peso de sus programas en ciencia de los materiales.

Al igual que con el caso de la red Regina, hemos consultado la base de datos de la Science Citation Index y extraído información sobre las publicaciones firmadas por investigadores de instituciones mexicanas en colaboración con la UT (un total de 77 artículos). A partir de los datos obtenidos se construyó el gráfico 2. La curva de este gráfico muestra que antes de la creación del ICNAM ya existía una colaboración entre algunas de las instituciones que hoy en día participan en esta red. Sin embargo, la producción de dichas colaboraciones es pobre en comparación con el número de proyectos aprobados. Es a partir del año 2007 que la curva muestra una aceleración considerable en las publicaciones; refleja, entonces, que algunos de los resultados de las colaboraciones en el seno del ICNAM, que comenzaron en el año 2005, se han publicado hasta el año 2007. En la misma gráfica aparece una curva que corresponde a los proyectos efectuados en el marco del ICNAM en el período 2005-2007. Comparando ambas curvas, verificamos que el impacto de las colaboraciones sobre la producción científica, que se iniciaron en el 2005, se refleja en el año 2007. De hecho, hemos corroborado que los mismos investigadores de la UT en Austin y de la Facultad de Física de la UANL que han colaborado en al menos cuatro proyectos coordinados por el ICNAM (en 2005) publicaron artículos en 2007.

Con base en los datos recolectados sobre los proyectos financiados en el marco del ICNAM, construimos los dos gráficos siguientes que representan la red de colaboración del ICNAM en 2005 (gráfico 3) y en 2007 (gráfico 4). En ellos vemos las interacciones que han mantenido los actores de la red en cada uno de los dos períodos. Cada nodo representa una institución o centro de investigación, y la

Gráfico 2. Dinámica de las publicaciones y proyectos con la UT

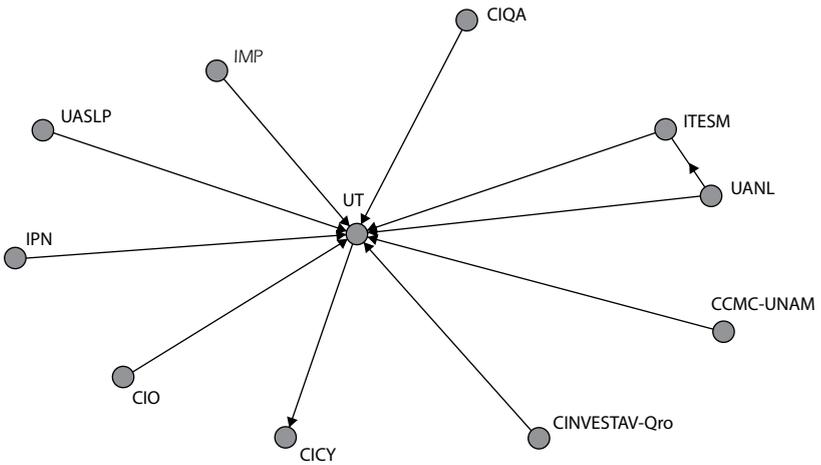
Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos a partir de la consulta de la WoS y <<http://www.engr.utexas.edu/icnam/news/index.htm>>.

dirección de las flechas indica el sentido de la movilidad de los investigadores o estudiantes durante los proyectos. Es importante subrayar que la mayoría de la movilidad es de las entidades mexicanas hacia las entidades de la UT. Los pocos casos de movilidad inversa conciernen, como lo veremos más adelante, a actividades de promoción de la colaboración interinstitucional.

La comparación de los gráficos 3 y 4 muestra la expansión de la red del ICNAM, pues en el año 2007, el número de instituciones mexicanas fue de once contra diez en 2005; también en el año 2007 el PNNL adhiere a la red. Sin embargo, no todas las instituciones presentes en 2005 continuaron participando con proyectos de colaboración, esto al menos en el marco del ICNAM. Vemos entonces que en el año 2007 ya no figuran la UASLP, el IMP (Instituto Mexicano del Petróleo), el CICY, y el IPN, pero otras instituciones de prestigio adhieren la red: IPICYT, CIMAV, CIE-UNAM, UMSNH, UDLA y PNNL. La institución mexicana que con más frecuencia efectúa proyectos es el CIMAV y esto puede ser a causa de las fuertes relaciones que mantienen investigadores de este centro con sus homólogos en la UT en Austin.

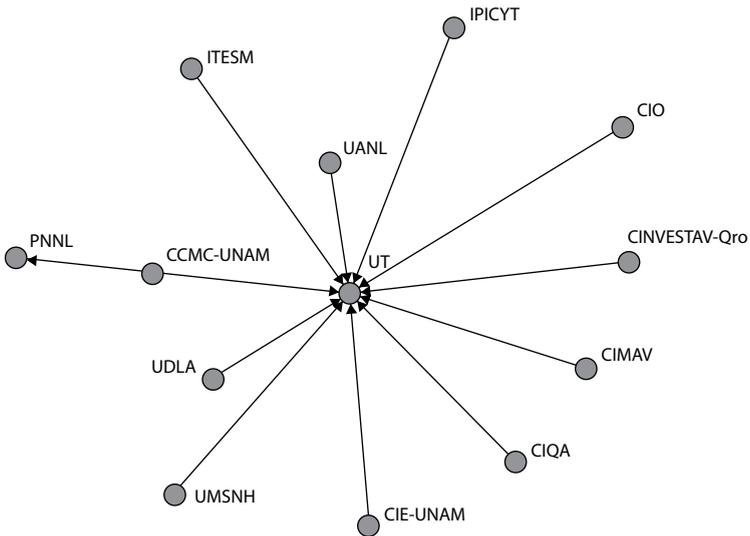
Durante el encuentro de algunos de los actores que han participado en los proyectos del ICNAM, hemos constatado que las actividades realizadas durante el período analizado son de tres tipos: las enfocadas al uso de instrumentos, que en gran parte son llevadas a cabo por estudiantes de doctorado y que parten a los laboratorios extranjeros con muestras de sus experimentaciones o síntesis, y en ocasiones de sus colegas de laboratorio, por períodos cortos, con el solo fin de hacer la caracterización de los materiales que han sintetizado en casa. Las

Gráfico 3. Red de colaboración del ICNAM en el año 2005



Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos a partir de la consulta de la WoS y <<http://www.engr.utexas.edu/icnam/news/index.htm>>.

Gráfico 4. Red de colaboración del ICNAM en el año 2007



Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos a partir de la consulta de la WoS y <<http://www.engr.utexas.edu/icnam/news/index.htm>>.

segundas son actividades de colaboración entre académicos y científicos confirmados que pretenden ir más allá de la utilización de los instrumentos; se trata de actividades que consisten en impartir seminarios, en participar en discusiones con sus homólogos, en utilizar también los instrumentos y, por supuesto, en discutir las interpretaciones de los datos arrojados por ellos, entre otras. Y por último, las actividades consagradas a la promoción de las colaboraciones entre los laboratorios implicados en el ICNAM (presentaciones de equipos y temas de investigación, por ejemplo). En fin, vemos que todas estas actividades están orientadas a la creación de redes de colaboración y que la cuestión del acceso a los instrumentos ocupa un lugar importante.

Anteriormente, hemos dicho que los objetivos de esta red van más allá de los límites del mundo académico. En efecto, el otro objetivo central del ICNAM es promover la vinculación universidad/industria. La situación geográfica del ICNAM es también una región que favorece las relaciones de las universidades con las empresas de clase mundial que están instaladas sobre los dos lados de la frontera. Es en este contexto que el ICNAM pretende jugar un rol importante en el seno del futuro corredor industrial Houston–Saltillo y en el desarrollo de altas tecnologías en esta región fronteriza.

La relación entre el ICNAM y los centros de investigación del norte de México permitirán, según los planes industriales de los dos lados de la frontera, la creación de un corredor industrial que se extenderá de Houston hasta Saltillo. La ciudad de Austin, que está dentro del corredor, es uno de los más importantes lugares en Estados Unidos que acoge empresas de alta tecnología: Nanotechnologies Inc., Sematech, Motorola, IBM, entre otras. Al sur de la frontera se encuentra la ciudad de Monterrey, que es considerada el más importante centro industrial de México. Además, el gobierno local ha puesto en marcha actualmente una serie de políticas que enfocan a la renovación tecnológica de la industria de la región, así como a la mejora de la relación universidad/industria. Para lograr lo anterior, los poderes públicos y económicos locales han lanzado la construcción de la Ciudad Internacional del Conocimiento y del Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT), ambos en la ciudad de Monterrey. Este último es una aglomeración de “empresas y centros de investigación y desarrollo” con el fin de fomentar las actividades de innovación y progreso tecnológico, así como de facilitar la transferencia tecnológica al sector productivo. Las instituciones involucradas en la iniciativa del proyecto del PIIT son el CONACYT, la UANL, el ITESM, la UDEM y el Gobierno del Estado de Nuevo León. En el PIIT, se han designado cinco áreas de oportunidad: biotecnología, nanotecnología, mecatrónica, tecnologías de información y comunicaciones, y salud. Concerniente al área de la nanotecnología, el CIMAV jugará un papel importante ya que se ha inaugurado el Laboratorio Nacional de Nanotecnología en las instalaciones del PIIT (marzo de

2008). Además, el CIMAV comenzó, en 1996, con investigaciones en el área de materiales avanzados y es actualmente una de las pocas instituciones de investigación que otorga un lugar importante a la vinculación con la industria, teniendo una estrategia para la creación de proyectos en colaboración con el sector productivo. De hecho, este centro cuenta con un departamento de promoción y creación de patentes, algunas de las cuales ya han sido transferidas a la industria. Uno de los objetivos de la sede del CIMAV, en el PIIT, es que sirva como puente para la transferencia de la tecnología hacia el sector productivo, aprovechando la experiencia del mismo CIMAV y la tradición del acercamiento entre la industria y la universidad que caracteriza a la región de Monterrey.

El caso del ICNAM, al igual que el de la red Regina, se sustenta principalmente en el acceso a los equipos científicos con el fin de paliar su escasez. Lo anterior constata entonces que las relaciones de colaboración con centros de investigación de países desarrollados (Estados Unidos para nuestro estudio de caso) son las más atractivas para los científicos mexicanos, y por lo tanto estas relaciones forman parte de las estrategias para el desarrollo de sus proyectos de investigación cuando carecen de los equipos científicos necesarios. Una prueba de que esto representa una solución a dicha escasez es que dos años más tarde vemos la publicación de artículos en los cuales la caracterización de los nuevos materiales ha sido efectuada en instalaciones de la UT y financiada por fondos provenientes del ICNAM.

CONCLUSIÓN

A modo de conclusión, los dos estudios de caso nos han permitido verificar nuestra hipótesis de inicio, así como identificar los principales actores humanos y no humanos presentes y los objetos intermedios que se movilizan en el seno de ambas redes (nuevos materiales sintetizados o fabricados, por ejemplo). En efecto, la creación de las redes analizadas ha servido para que los investigadores mexicanos logren cubrir eventualmente la falta de infraestructura disponible en los laboratorios y centros de investigación. Además, estas dos redes heterogéneas aún no están estabilizadas y a pesar de que a través de estas relaciones los actores, tanto en instituciones públicas como privadas, han logrado paliar la insuficiencia de instrumentación, la cuestión de la vinculación universidad/industria queda pendiente. Ciertamente es que las redes están abiertas a la participación de la industria, pero esta última parece no tener mucho interés en invertir en investigación y desarrollo en las NCT (los proyectos en las NCT financiados por la industria que se desarrollan actualmente son escasos). En nuestra encuesta también identificamos otras redes de colaboración y nuevos proyectos de infraestructura en las NCT, tales como la propuesta del CONACYT de crear una Red Nacional de Grupos y

Centros de Investigación (que responde en parte a las últimas políticas en ciencia y tecnología en México) y la construcción de nuevos laboratorios (unidad del CIMAV en el PIIT Monterrey, el Silicon Border, los laboratorios nacionales LINAN del IPICYT y el de Nanotecnología del CIMAV, el laboratorio del IPN en Nanotecnología, entre otros), con los cuales se pretende optimizar el uso de los equipos científicos disponibles.

Sobre Regina podemos concluir que el campo de acción de la red está limitado al mundo académico. Además, ninguno de los actores entrevistados (IF, IIM y FQ) desarrolla proyectos vinculados directamente con la industria. Por otra parte, también hemos visto que uno de los fines de la red consiste en optimizar los recursos materiales disponibles, principalmente la instrumentación para la caracterización (microscopía, difracción de rayos-x, raman...). Esto último, como ya lo mencionamos, evita la duplicidad de los equipos científicos, lo cual pretende facilitar el acceso a los equipos existentes dentro de la UNAM para los miembros de la red.

Por otra parte, y en relación con nuestro segundo estudio de caso, hemos puesto en evidencia que la movilidad de investigadores y estudiantes de posgrado del sur hacia el norte, ha dado buenos resultados en la red del ICNAM; hecho que ha atraído la atención de otros actores de ambas partes de la frontera para adherir esta red. Sin embargo, en este caso nos interrogamos si una red de este tipo es saludable para la soberanía tecnológica de México. Una pregunta que se nos plantea es sobre el impacto de las relaciones de colaboración con grupos del extranjero en la definición de las temáticas de investigación.

Considerando que la diferencia entre nanociencia y nanotecnología radica en que la primera estudia los fenómenos de la materia a la escala nanométrica y que la segunda se refiere al estudio y desarrollo de posibles aplicaciones a esta misma escala, vemos que la conformación de ambas redes responden a dos concepciones diferentes donde: la red Regina está orientada a las nanociencias, y varios centros que participan en el ICNAM, así como los objetivos de este último, están orientados hacia la nanotecnología. Cabe señalar que en ambas redes los instrumentos científicos son la clave para su concepción y construcción.

Esta investigación resalta una vez más la importancia del rol de los instrumentos científicos en las estrategias de los investigadores en el área de las NCT, importancia que ya ha sido señalada por Vinck (2006b) y Hubert (2007) en dicha área, y por Callon (1989) y Latour y Woolgar (1996) en otras disciplinas de la ciencia. Para el caso de las NCT, es difícil imaginar un investigador experimental que no tenga acceso a un microscopio de barrido electrónico para caracterizar las nanopartículas que ha fabricado, o un investigador teórico que no tenga acceso a un cluster o una supercomputadora para efectuar la simulación de la estructura de un nanomaterial.

ANEXO 1. LISTA (NO EXHAUSTIVA) DE LAS REDES Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN EN LAS NCT EN MÉXICO

- Centro de Diseño de MEMS de la UPAEP, <<http://www.upaep.mx>>.
- Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV).
- Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología de la Universidad de Veracruz.
- Ciudad Internacional del Conocimiento de Monterrey, <<http://www.mtycic.com.mx/>>.
- Fundación México-Estados Unidos por la Ciencia (FUMEC), <<http://www.fumec.org.mx/espanol/nosotros/origen.htm>>.
- ICNAM, <<http://www.engr.utexas.edu/icnam/index.htm>>.
- Institutos y centros de investigación de la UNAM: IF, FQ, CNYN (antes CCMC), CIE, CCADET, CFATA, IIM, IBT, etcétera.
- Instituto de Física de la BUAP, Puebla.
- Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPYCIT.
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Universidad de las Américas, Puebla (Programa de licenciatura en Nanotecnología e ingeniería molecular).
- Instituto Mexicano del Petróleo, México, DF.
- Centro de Investigaciones Ópticas, Guanajuato.
- Centro de Investigaciones Química Aplicada, CIQA.
- Centro de Investigaciones Avanzadas, CINESTAV-IPN.
- Laboratorio de Nanociencias y Nanotecnologías de la UANL, <<http://www.fcfm.uanl.mx/ifi/nanociencias.htm>>.
- Laboratorio de Nanoestructuras y Semi-conductores del CINVESTAV (IPN), <<http://www.fis.cinvestav.mx/nanosem/>>.
- Laboratorio de Nanotecnología e Ingeniería Molecular del Departamento de Química de la UAM (Iztapalapa).
- Laboratoire National de Nanoélectronique del INAOE, <<http://www.inaoep.mx/>>.
- Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT) de Monterrey, <http://www.piit.com.mx/home_ESP.html>.
- REDINN, <<http://www.viep.buap.mx/>>.
- Regina, <www.nano.unam.mx>.
- Red de Laboratorios de Investigación e Innovación en MEMS.
- Red Nacional de Grupos y centros de Investigación (RNGCI) del CONACYT.
- Silicon Border, <<http://www.siliconborder.com/>>.

ANEXO 2: CONSULTA DE LA BASE DE DATOS ISI (SCIENCE CITATION INDEX EXPANDED) EN SU VERSIÓN WEB OF SCIENCE

La metodología usada en nuestra consulta está basada en la primera etapa del método propuesto por Mogoutov y Kahane (2007). Se trata de una ecuación de búsqueda conformada por el prefijo “nano” y la exclusión de términos que contengan este prefijo pero que no están relacionados con el campo de las NCT. Para obtener solo los datos relacionados con las instituciones mexicanas, hemos añadido a la búsqueda la palabra “mexico” en el campo CU (*country*) del motor de búsqueda de la Web of Science. La ecuación final es la siguiente:

```
TS=((NANO* OR A*NANO* OR B*NANO* OR C*NANO* OR D*NANO*
OR E*NANO* OR F*NANO* OR G*NANO* OR H*NANO* OR I*NANO*
OR J*NANO* OR K*NANO* OR L*NANO* OR M*NANO* OR N*NANO*
OR O*NANO* OR P*NANO* OR Q*NANO* OR R*NANO* OR S*NANO*
OR T*NANO* OR U*NANO* OR V*NANO* OR W*NANO* OR X*NANO*
OR Y*NANO* OR Z*NANO*) NOT (NANO2 OR NANO3 OR NANO4
OR NANO5 OR NANOSECOND* OR NANOLITER*)) AND CU=(mexico)
```

REFERENCIAS

- Callon, M. (dir.) (1989), *La science et ses réseaux: genèse et circulation des faits scientifiques*, París, La découverte.
- Callon M., J. P. Courtial y H. Penan (1993), *La scientométrie*, París, PUF.
- Conocimiento e innovación en México: hacia una política de Estado. Elementos para el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa de Gobierno 2006-2012, noviembre 2006.
- Delgado Ramos, G. C. (2007), “Nanotecnología, paradigma tecnológico de vanguardia”, *Contribuciones a la Economía*, en <<http://www.eumed.net/ce/>>, consultado el 5 de enero de 2007.
- Foladori, G. y E. Zayago (2007), “Tracking Nanotechnology in Mexico”, *Nanotechnology Law & Business Journal*, vol. 4, N° 2, pp. 211-222, <<http://estudiosdeldesarrollo.net/relans/documentos/Tracking-nano-in-MEXesp.pdf>>, versión en español, consultada el 8 de octubre de 2007.
- Hubert, M. (2007), “Hybridations instrumentales et identitaires dans la recherche sur les nanotechnologies. Le cas d’un laboratoire public au travers de ses collaborations académiques et industrielles”, *Revue d’anthropologie des connaissances*, vol. 2007/2, N° 2, pp. 243-266.
- Latour, Bruno y Steve Woolgar (1996), *La vie de laboratoire: la production des faits scientifiques*. La découverte, edición francesa.

- Mogoutov, A. y B. Kahane, (2007), "Data search strategy for science and technology emergence: A scalable and evolutionary query for nanotechnology tracking", *Research Policy*, doi:10.1016/j.respol.2007.02.005
- Paredes, L. O. (2006), *Por un nuevo paradigma de política pública para el conocimiento y la innovación en México*, México, Academia Mexicana de Ciencias.
- Robinson, D. K. R. *et al.* (2007), "Technological agglomeration and the emergence of clusters and networks in nanotechnology", *Research Policy*, doi:10.1016/j.respol.2007.02.003.
- The Nanotech Report (2006), 4ta. edición, Lux Research.
- Vinck, D. (2006a), "La construcción de un modelo local de trabajo colectivo: el caso de un polo de investigación en micro y nanotecnología", Bogotá, ESOCITE.
- (2006b), "L'équipement du chercheur: comme si la technique était déterminante", *ethnographiques.org*, N° 9, febrero [on line].
- (2007), *Sciences et société: sociologie du travail scientifique*, París, Amarnd Colin. <<http://www.ethnographiques.org/2006/Vinck.html>>, consultada el 27 de septiembre de 2007.

Artículo recibido el 1° de diciembre de 2008.

Aceptado para su publicación el 1° de febrero de 2009.

REDES SOCIOTÉCNICAS DE COGESTIÓN DE CONOCIMIENTO EN NANOTECNOLOGÍAS EN COLOMBIA: ¿ENTRE LA VISIBILIDAD INTERNACIONAL Y LA APROPIACIÓN LOCAL?

CONSTANZA BEATRIZ PÉREZ MARTELO*
DOMINIQUE VINCK**

RESUMEN

¿Cómo se organizan las redes de gestión de conocimiento para desarrollos en nanotecnologías en Colombia? ¿Cómo esas redes combinan la visibilidad internacional con la apropiación local? Este trabajo aborda esas preguntas partiendo de la noción de *conocimiento aplicable no aplicado* (CANA) planteada por Pablo Kreimer (2006), y a través del estudio de tres casos colombianos de gestión de conocimiento en ese campo tecnológico. Los hallazgos dirigen a repensar el concepto de CANA, ya que los casos indican una coconstrucción de lo local con lo global y una generación y uso del conocimiento no estrictamente separadas ni unidas de manera lineal. Para ello, se propone la noción de cogestión de conocimiento, en la que los roles de usuario y generador de conocimiento son intercambiables en el tiempo, y los aprendizajes atraviesan las instituciones y las disciplinas.

PALABRAS CLAVE: NANOTECNOLOGÍAS – COLOMBIA – CONOCIMIENTO APLICABLE NO APLICADO – GESTIÓN DE CONOCIMIENTO – REDES SOCIOTÉCNICAS

INTRODUCCIÓN

El tema de la apropiación social del conocimiento científico y tecnológico ha tenido un creciente interés en los países latinoamericanos. En ese sentido, Pablo Kreimer (2006) plantea la noción de *conocimiento aplicable no aplicado*

* Doctorante en Ingeniería, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia, y en Sociología Industrial, Universidad Pierre Mendès, Grenoble, Francia. Profesora de la Universidad Central de Bogotá, Colombia. <cpez@uniandes.edu.co>.

** Profesor de Sociología, Universidad Pierre Mendès, Grenoble, Francia; miembro del Centro de investigación PACTE Política-Organizaciones (CNRS, Universidad de Grenoble). <Dominique.Vinck@upmf-grenoble.fr>.

(CANA)¹ como aquel cuyos productos aumentan el prestigio y la visibilidad de los investigadores a nivel internacional, con pocos procesos de apropiación local. Este trabajo aborda esa preocupación para un área que ha sido definida en Colombia como estratégica para el desarrollo nacional (DNP, 2006) y cuyos impactos generan interrogantes (Invernizzi y Foladori, 2006): las nanotecnologías.² Las preguntas que dirigen esta indagación son: ¿cómo se organizan las redes de gestión de conocimiento?, ¿cómo esas redes combinan la visibilidad internacional con la apropiación local? La aproximación se realiza estudiando inicialmente el contexto de desarrollo de las nanotecnologías en Colombia, para luego centrarse en tres casos: uno en el campo de nanomateriales y dos en el de nanotecnologías con aplicaciones a la salud.

Para la indagación del contexto de desarrollo de las nanotecnologías en Colombia se tomaron como fuentes principales de información documentos gubernamentales de ciencia y tecnología, memorias de eventos en nanotecnologías y la base de datos ISI Web of Knowledge. En los documentos gubernamentales y memorias de eventos se analizaron las áreas asociadas a nanotecnologías y los actores involucrados. La búsqueda en la base de datos ISI Web of Knowledge se realizó utilizando como palabra clave nano,³ período 2001-2008 y territorio Colombia. Los resultados arrojaron las publicaciones con al menos un autor afiliado a una institución con domicilio en Colombia para el período en cuestión. Se hizo una posterior revisión del contenido de los resúmenes de los artículos encontrados, con el fin de verificar su asociación a las áreas de nanotecnologías. Esta información fue un insumo importante para la identificación de casos

¹ En su artículo “La recherche industrielle: le mal français”, Callon plantea el concepto de investigación aplicada no aplicable (RANA, por sus siglas en francés). Este tipo de investigación “no es ni investigación básica, ni verdadera investigación aplicada, puesto que, dado que se orienta alrededor de problemas mas bien técnicos, no interesa verdaderamente a la industria” (Callon, 1986a: 7). El tratamiento de las preguntas que motivan el presente trabajo, si bien es cercano a la idea de RANA propuesta por Callon, se centra más en la perspectiva de lo local y lo global que adopta Kreimer en su concepción de CANA.

² Actualmente, existen controversias tanto en la definición de la nanotecnología como en su diferenciación con la nanociencia. En este trabajo, se utilizará el término nanotecnologías (en plural) para referirse tanto a desarrollos tecnológicos, como a avances científicos que podrían, en un sentido estricto, ser abarcados por la nanociencia.

³ Existe un debate en bibliometría sobre la metodología de recolección de los datos bibliográficos y de las patentes. Huang *et al.* (2008) hicieron un análisis comparativo de las estrategias de búsqueda bibliométricas, incluyendo interrogaciones léxicas y léxicas evolutivas, análisis de citaciones, y el uso de los periódicos centrales (*core journal*) para encontrar los artículos de la nanotecnología. Encontramos que Mogoutov y Kahane (2007), con su estrategia léxica evolutiva de la interrogación, extraen el número más elevado de artículos específicos del Web of science (para 2006). Sin embargo, muestran que la mayoría de las interrogaciones léxicas (Glanzel *et al.*, 2003; Noyons *et al.*, 2003; Porter, 2008; Mogoutov y Kahane, 2007) producen resultados similares para los resultados centrales en términos de temas, países e instituciones.

a estudiar pero no fue definitiva en la selección, ya que estas bases de datos dejan por fuera a actores cuyas actividades no se ven reflejadas en publicaciones de impacto internacional. Por esta razón, la selección de los casos se hizo combinando el método *snowball* (Wasserman y Faust, 1999; Bernard, 2006) con los criterios de relevancia para la pregunta de investigación, heterogeneidad (Flick, 2007) y facilidad de acceso al terreno empírico. Se realizó un sondeo inicial con investigadores asociados a las nanotecnologías, quienes identificaron algunos actores destacados en el tema. De los casos mencionados con mayor frecuencia por las personas consultadas, se verificó cuáles por su naturaleza permitían explorar la pregunta de investigación en sus dimensiones local y global, además de la posibilidad de acceso a información de fuentes primarias y/o secundarias para el estudio. La heterogeneidad se logró tomando casos de origen diverso (dos iniciativas autoorganizadas y otra asociada a una política gubernamental). El trabajo sobre el terreno buscó seguir los desarrollos de los actores en diversos ámbitos (Marcus, 1995; Vinck, 2003). Se utilizaron distintos métodos de recolección de datos. Para los casos de NanoCiTec y Nanopuente A-V se realizaron entrevistas semiestructuradas con los directores y se asistió a comunicaciones públicas orales de sus investigadores. También se revisó información de fuentes secundarias, tales como las páginas web, memorias de eventos, artículos y comunicados de prensa. Para NanoCiTec se aplicaron además entrevistas semiestructuradas con algunos de los investigadores. El análisis del Centro de Excelencia en Nuevos Materiales (CENM) tomó como base la información publicada en su página oficial (<<http://calima.univalle.edu.co/cenm/index.html>>) y en otras fuentes secundarias de datos. Se usó el *software* UCINET (Borgatti, Everett y Freeman, 2002) para manejo cuantitativo⁴ y gráficos de redes.

El marco de análisis de los casos se basa en la teoría del actor-red (Callon, 1986b, 1995, 1998; Vinck, 1999), tanto a nivel metodológico como conceptual. A nivel metodológico se toman tres principios definidos por Callon (1995): a) no establecer *a priori* la identidad de los actores, b) usar la misma forma de análisis para aspectos sociales y técnicos, así como para su descripción, y c) no hacer distinciones *a priori* entre hechos naturales y sociales.

A nivel conceptual, se toman dos nociones: sociología de traducción y red sociotécnica. La primera se refiere al proceso mediante “el cual se negocia la identidad de los actores, sus posibilidades de interacción y sus márgenes de maniobra” (Callon, 1995: 263). La traducción abarca varios momentos que se traslapan: problematización, o interdefinición de actores y construcción de puntos de pasaje obligado dentro de la red; interesamiento y enrolamiento, o defini-

⁴ El énfasis de este trabajo no es la caracterización cuantitativa de las redes estudiadas, sino el seguimiento de su construcción. Se utilizan algunas métricas de análisis de redes sociales para ilustrar cómo se construyen portavoces o puntos de pasaje obligado y mediadores en las redes.

ción de roles interrelacionados con actores que los aceptan; y por último, la movilización de aliados.

La segunda noción, la red sociotécnica, se refiere a aquella red que se forma mediante los procesos de traducción, compuesta por elementos humanos y no humanos que se conectan mutuamente durante un cierto período (Callon, 1998). Dicha red es inicialmente un actor mundo, una visualización por parte de algunos actores de las relaciones que deben constituir para cumplir sus propósitos, y se transforma en un actor red cuando los vínculos se hacen efectivos.

Este trabajo muestra inicialmente una breve descripción del contexto de desarrollo de las nanotecnologías en Colombia, para luego presentar los casos. En el análisis se integran varias dimensiones de la gestión de conocimiento: procesos (Hull, 1999), trabajo interdisciplinario (Vinck, 2007), agentes mediadores de conocimiento⁵ (Herrera, Jaime y Vinck, 2006) y objetos intermediadores (Callon, 1991; Vinck, 1999). Finalmente, se hace una discusión de los resultados y se exponen algunas conclusiones.

EL CONTEXTO DE DESARROLLO DE LAS NANOTECNOLOGÍAS EN COLOMBIA

Si bien las nanotecnologías han sido definidas en Colombia como estratégicas para el desarrollo nacional (DNP, 2006), los esfuerzos concretos en el área son aún incipientes. A diferencia de otros países de América Latina (Delgado, 2008), Colombia no cuenta con una política de fomento de las nanotecnologías y la intervención gubernamental en ese campo se limita al programa de centros de excelencia que inició en el año 2004. Dichos centros son definidos por Colciencias⁶ como:

[...]una red nacional de grupos de investigación del más alto nivel, articulada alrededor de un programa común de trabajo en un área científica y tecnológica considerada como estratégica para el país. Cada uno de los grupos que formen parte de un centro de excelencia deben, además de estar reconocidos o en proceso de reconocimiento 2004 [por parte de Colciencias], desarrollar investigación de frontera en permanente contacto con entidades pares internacionales, apoyar la formación de recursos humanos en los niveles de maestría y doctorado, transferir el conocimiento generado al sector productivo, presentar los resultados de

⁵ MAK por sus siglas en inglés (Mediating Agents of Knowledge).

⁶ El Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas”, Colciencias, es en Colombia la entidad encargada de promover el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Para más información, véase <<http://www.colciencias.gov.co/portacol/>>.

su trabajo en publicaciones internacionales indexadas y estar comprometidos en los procesos de protección de la propiedad intelectual y el patentamiento (Colciencias, 2004, p. 1).

En el período 2004-2008, se han creado siete centros de excelencia, cada uno de los cuales cuenta con una financiación de hasta 1,7 millones de dólares, distribuidos en los cinco años estipulados para el apoyo. Dos de esos centros se asocian a las nanotecnologías: el Centro de Excelencia en Nuevos Materiales (CENM), creado a través de la convocatoria del año 2004, que trabaja el área de nanomateriales, y el Centro de Estudios Interdisciplinarios Básicos y Aplicados en Complejidad (CEIBA), creado a través de la convocatoria del año 2006, que cuenta con una línea en nanociencia.

De otra parte, se lanzó en agosto de 2008 una convocatoria para la presentación de propuestas para la creación de un nuevo centro de excelencia en el área de electrónica, telecomunicaciones e informática (ETI), con temas como “microsistemas y sistemas microelectromecánicos (MEMS), diseño de componentes virtuales, caracterización de nanoestructuras, manufactura de dispositivos nanoescales, técnicas de fabricación en nanotecnología, nanoelectrónica” (Ministerio de Comunicaciones y Colciencias, 2008: 5). Los términos de esta convocatoria plantean dos fases. Una de tres años, con un apoyo máximo de aproximadamente 1,3 millones de dólares.⁷ Otra de dos años, cuyo monto a financiar dependería de la evaluación de la primera fase.

Según la actual Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación, el instrumento de centros de excelencia se está reorientando hacia “el apoyo a redes y programas de investigación de mediano plazo en temas específicos” (Colciencias, 2008: 36). Un interrogante alrededor de los centros ya creados es si las redes continuarán articuladas una vez finalicen los apoyos gubernamentales (Salazar, 2008).

Paralelamente a los centros de excelencia, se identifica en el país un interés por el tema de las nanotecnologías. En el Nanoforum Colombia 2007, organizado por la Fundación Latinoamericana para la Promoción de la Ciencia (FUNLACI) y que tuvo lugar en Bogotá en octubre de ese año, se presentaron trabajos en temáticas como nanomateriales, bionano, nanomedicina, prospectiva y gestión tecnológica en nanotecnología, bioética, educación en nanotecnología e instrumentación. Si bien gran parte de los trabajos tenían un carácter divulgativo, muestran el interés de diversas instituciones en el tema.

En cuanto a publicaciones científicas en el área, según información recupera-

⁷ El documento de la convocatoria indica un financiamiento de 3 mil millones de pesos colombianos. Aquí se presenta un valor aproximado en dólares para una mejor ilustración.

da de la base de datos ISI Web of Knowledge, la mayor cantidad de artículos se encuentra concentrada en el período 2006-2008, y en las áreas de física, materia condensada y materiales. Aproximadamente el 70% de esas publicaciones tienen autores de entidades internacionales. Las instituciones nacionales que registran mayor producción son la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad del Valle y la Universidad de Antioquia, entidades que a su vez cuentan con grupos beneficiados por el programa de centros de excelencia.

LOS CASOS ESTUDIADOS

Este trabajo estudia tres casos: el Centro de Excelencia en Nuevos Materiales (CENM), el Centro de Ciencia y Tecnología Nanoescalar (NanoCiTec) y el proyecto Nanopuente Aurículo-Ventricular (A-V).⁸

El CENM funciona desde el año 2005 bajo la figura de unión temporal y es una red de 19 grupos de investigación, pertenecientes a 10 universidades colombianas (véase cuadro 1).

El CENM usa las instalaciones a disposición de esos grupos en cada una de las universidades, y no constituye como tal un nuevo espacio físico centralizado independiente de las instituciones. Cuenta con el apoyo internacional de diferentes institutos de investigación en materiales: The Nanotechnology Center (Northwestern University, Illinois), Thin Film and Nanoscience Group Department of Civil and Environmental Engineering, (Universidad de California, San Diego), Department Civil and Environmental Engineering (University of Michigan) y el Centro Internacional para la Investigación Interdisciplinaria en Materiales (CIMAT-Chile). El trabajo del CENM está organizado alrededor de cuatro temas de investigación interdisciplinaria (TI): Materiales y recubrimientos, Materiales nanocompuestos, Nanomagnetismo y dispositivos de estado sólido, Sensores, y Sistemas mesoscópicos (CENM, 2004).

El Centro de Ciencia y Tecnología Nanoescalar (NanoCiTec), ubicado en Bogotá, fue creado en el año 2006 como una asociación sin fines de lucro, compuesta por profesionales de áreas como física, medicina, biología, así como de las ingenierías electrónica, biomédica y química. Su presentación oficial dice que responde a los intereses de diferentes disciplinas de trabajar en los campos de la nanociencia y nanotecnología, y se ha constituido en una iniciativa autogestionada por sus actores. Cuenta con una junta directiva. Además, existen dos figuras de participantes: los socios investigadores (personas vinculadas a los

⁸ Cabe aclarar que aunque dos de los casos tienen dentro de su nombre la palabra “centro”, en cada uno de ellos tiene una connotación diferente, tal como se verá en su descripción.

Cuadro 1. Grupos e instituciones que participan en el CENM

Universidad	Ciudad	Grupos que participan en el CENM
Universidad del Valle	Cali	Películas Delgadas (GPD)
		Física Teórica del Estado Sólido (FTES)
		Materiales Compuestos (GMC)
		Metalurgia Física y Teoría de Transiciones de Fase (GMFTTF)
		Síntesis y Mecanismos de Reacción en Química Orgánica (SMROO)
		Transiciones de Fase en Sistemas No-Metálicos (GTFNM)
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Ciencia e Ingeniería de Materiales (GCIM)
Universidad de Antioquia	Medellín	Corrosión y Protección (GCP)
		Estado Sólido (GES)
		Física Atómica y Molecular
Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga	Física Computacional en Materia Condensada (FICOMACO)
		Óptica y Tratamiento de Señales (GOTS)
		Materiales Fotónicos (GMF)
Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá	Bogotá	Física de Nuevos Materiales (GFNM)
Universidad del Quindío	Armenia	Optoelectrónica (GOE)
Universidad del Tolima	Ibagué	Ciencia de Materiales (GCM)
Universidad del Cauca	Popayán	Física de Bajas Temperaturas "Edgar Holguín" (FBTEH)
Universidad del Norte	Barranquilla	Materiales, Procesos y Diseño (GMPD)
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Plasma, Láser y Aplicaciones (GPLA)

Fuente: Elaborado a partir de informaciones reportadas en el sitio oficial del CENM.

proyectos) y los socios honorarios (empresas que contribuyen con recursos para el desarrollo de los proyectos, pero que no participan directamente en las investigaciones). El programa principal de trabajo de NanoCiTec es Cáncer y Nanotecnología.

El proyecto Nanopuente Aurículo-Ventricular (A-V) tiene como objetivo “el diseño y construcción, a escala nanométrica, de un dispositivo electrónico intracavitario para hacer puente en la interrupción eléctrica A-V (Aurículo-Ventricular) del área afectada” (Grupo scvs, 2007). Este nanomarcapasos⁹ se diferencia de un marcapasos tradicional en que “no será necesario cambiarlo para reponer las pilas. El dispositivo usará la química y la electricidad del paciente para recargarse automáticamente” (Posada-Swafford, 2007: 149). El proyecto está siendo desarrollado por el grupo Seguimiento Corazón Vía Satélite - scvs, cuyo líder, el ingeniero electrónico Jorge Reynolds, creó en 1958 el primer marcapasos en Colombia. La iniciativa se empezó a concebir en 1999 y se puso en marcha en el año 2004, teniendo como precursores a Jorge Reynolds y al médico cardiólogo Jorge León (Grupo scvs, 2007).

LOS PROCESOS DE TRADUCCIÓN: DE ACTORES MUNDO A ACTORES REDES

Los casos estudiados corresponden a iniciativas fomentadas durante los últimos cuatro años. Pero sus actores no partieron de cero, sino que potencializaron sus conocimientos y experiencias anteriores hacia las nanotecnologías. Esto se da mediante procesos de traducción.

EL CENM

La construcción de la red del CENM muestra un proceso de sucesivas traducciones para articular los grupos de investigación y otras entidades relacionadas. Esas traducciones posibilitan que un actor mundo se transforme poco a poco en un actor red.

La problematización parte de la definición de centro de excelencia dada por Colciencias y el acuerdo de temas de trabajo común. La interdefinición de los actores está asociada al establecimiento de los cuatro temas (TII), de manera que todos los grupos encontraran oportunidades de trabajo y de realizar aportes en por lo menos uno de ellos. Se va generando una cocreación de una

⁹ Se usarán indistintamente las expresiones nanopuente y nanomarcapasos para referirse al mismo dispositivo.

identidad, en la medida en que los actores se asocian con la visión de centro de excelencia.

A través de los borradores de la propuesta presentada a Colciencias, el CENM se configura como un punto de pasaje obligado para sus integrantes. Ese documento (y sus varias versiones) es un objeto intermediador (Vinck, 1999, 2006) que en su construcción es central a las negociaciones entre actores. La propuesta, además, actúa como dispositivo de interesamiento de sus integrantes y de Colciencias. En ella se redefinen los intereses de los integrantes (en cuanto a temas, cooperación científica, acceso a algunos recursos instrumentales y a una fuente de financiación). Ese documento consolida la ubicación de los actores en un contexto de trabajo y permite la realización del proceso de traducción con la entidad de financiamiento y la movilización de acciones. El enrolamiento de actores se materializa cuando cada grupo confirma los temas en los cuales trabajará. El documento se vuelve un marco institucional y organizacional que implica a los integrantes. Otros actores dentro de este actor red lo constituyen las fuentes de financiación: Colciencias aporta el 31,06% del presupuesto y el 68,93% las diez universidades que forman parte de la Unión Temporal del CENM.¹⁰

El CENM, desde su propuesta de creación, visualiza el tema de lo local y lo global. Además de toda la información de las TII y de la trayectoria de los grupos, contiene cartas de respaldo de las instituciones internacionales. Ese soporte internacional fue de entrada un requisito establecido por Colciencias en su definición de centro de excelencia. El CENM delinea un actor mundo en el cual la visibilidad internacional realimenta los desarrollos. El resumen ejecutivo de la propuesta de creación concluye así:

El apoyo brindado al CENM por Colciencias proveerá la oportunidad para capacitar a jóvenes científicos e ingenieros, asegurando su participación en conferencias científicas internacionales, así como hacer posible el desarrollo de seminarios conjuntos brindados por los miembros del proyecto. Los resultados del Centro serán ampliamente diseminados para así promover la transferencia del conocimiento y estimular el uso de los resultados de la investigación. Obteniéndose adicionalmente una amplia colaboración y visibilidad internacional (CENM, 2004: 9).

El CENM, desde su concepción, se hace la pregunta por la aplicación y transferencia de los conocimientos desarrollados y moviliza aliados en ese sentido:

¹⁰ Información recuperada el 10 de abril de 2008 de <<http://calima.univalle.edu.co/cenm/financiacion.htm>>.

El centro recibirá el apoyo del Instituto Tecnológico ASTIN-SENA quien tiene, a través de sus fuertes lazos con la industria regional del Valle del Cauca, resultados importantes de investigación en la tecnología de recubrimientos con un modelo exitoso de transferencia de resultados de I+D (CENM, 2004: 6).

En esos procesos de traducción a través de los cuales se conforma el actor red CENM, hay un primer momento de mediación del investigador propuesto como director del Centro, el Ph.D. Pedro Prieto, docente de la Universidad del Valle, quien cuenta con gran reconocimiento nacional e internacional en el campo de la física. Ese actor actúa como portavoz de los grupos asociados.

EL NANOCITEC

El profesor Edgar González, gestor y director de NanoCiTec,¹¹ fue presidente del Consejo Nacional de Nanociencia y Nanotecnología de la IEEE (IEEE-CNNN). En ese Consejo, se desarrollaban básicamente labores de difusión que fueron relevantes para empezar a socializar las temáticas de ciencia y tecnología nanoescalares. Ejemplo de ello es el ciclo de conferencias “Nanotecnología, presente y futuro”, que se llevó a cabo en Bogotá los días 25 y 26 de agosto de 2005 (IEEE, 2005). En su organización, participaron además del IEEE-CNNN las empresas Bayer y Galante R&A Ltda., así como las universidades Santo Tomás, San Buenaventura, Pontificia Universidad Javeriana, Militar Nueva Granada y Distrital. El invitado especial fue M. Meyyappan, director del Center for Nanotechnology at NASA Ames Research Center y en ese momento presidente electo del Institute of Electrical and Electronics Engineers – Nanotechnology Council (IEEE-NTC).¹² NanoCiTec continúa la colaboración con algunos de esos actores.

El director de NanoCiTec formó parte de procesos de traducción para generar una red de nanotecnología, pero no se completó el enrolamiento de las instituciones por las dificultades de cada una para llegar a un acuerdo. Los mecanismos de traducción que dan vida a NanoCiTec se inician con la problematización alrededor de temas de investigación comunes y básicamente del programa de Cáncer y Nanotecnología, así como la apuesta de desarrollar proyectos con *sensitivo social* en salud.

¹¹ El profesor Edgar González se desempeña como docente e investigador del Departamento de Física de la Pontificia Universidad Javeriana y de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás.

¹² Si bien el IEEE-CNNN en Colombia no se encuentra actualmente activo, sus actividades le proporcionaron visibilidad externa a los esfuerzos nacionales en nanociencia y nanotecnología, y es aún citado en ámbitos internacionales como una entidad promotora en ese país para las áreas científicas y tecnológicas mencionadas.

Parte de la problematización radica también en la necesidad de desarrollar las investigaciones a través de una estructura flexible, lejos de pesados trámites institucionales. Los participantes de NanoCiTec son en su mayoría profesionales con experiencia en investigación y con algún tipo de vinculación a universidades. El actor red de NanoCiTec logra consolidarse y se mantienen por el interés en los proyectos: los participantes no reciben remuneración por su trabajo, es una actividad voluntaria. Tal como lo describen algunos de sus miembros: “lo hacen por gusto”.

EL NANOPUENTE A-V

En el enrolamiento de actores para este proyecto, influye el reconocimiento con el que cuenta el ingeniero Reynolds a nivel nacional e internacional. Un artículo de la revista *Muy Interesante* publicado en octubre de 2007, y escrito por Angela Posada-Swofford, inicia así:

Érase una vez un hombre a un corazón pegado... Así podría denominarse a Jorge Reynolds [...], que desde que inventó el primer marcapasos artificial de implantación externa en 1958 no ha parado de estudiar el corazón en todos los seres vivos. Ahora trabaja en el prototipo de un avanzado nanomarcapasos, una especie de minicremallera a la que no habrá que cambiarle las pilas... (Posada-Swofford, 2007: 148).

El proyecto ha sido presentado en varios escenarios de otros países como Japón, Canadá e Italia con buena aceptación. *Nova 24*, un medio de comunicación italiano, a propósito de una visita del ingeniero Reynolds a ese país para presentar el proyecto, publica el 25 de mayo de 2006 un artículo titulado “Nanocardiologia l’idea di Jorge Reynolds, pioniere del pace-maker: Dagli abissi i segreti del cuore”, en el cual resalta el carácter innovador de la iniciativa, y reconstruye la historia de desarrollos de ese investigador (Gulmanelli, 2006).

Lo local y global se articulan desde el principio en el actor-red del Nanopuente. Los gestores realizan un proceso de traducción con varias entidades y logran enrolar a las siguientes organizaciones patrocinadoras del proyecto (Grupo scvs, 2007): Academia Nacional de Medicina, Hightech Electrónica de Venezuela, Corporación Intel, Heart Research, Corporación Newbridge y Universidad de la Sabana. Como entidades de apoyo, se unen a la iniciativa: Proteus Nanotechnologies, Parquesoft, Fundación Yo creo en Colombia, Fundación Santillana, Avantel de Colombia, Fundación Zeri y Sociedad Colombiana de Cardiología.

Con la vinculación de las entidades mencionadas, el actor red del proyecto se va consolidando. El diseño del nanopuente se va configurando como un objeto intermediador central (Vinck, 2006), que delinea los módulos, etapas de trabajo y disciplinas requeridas para su desarrollo.

LA GESTIÓN DE CONOCIMIENTO

LA GESTIÓN DE CONOCIMIENTO EN EL CENM

En los procesos de contextualización y recontextualización del conocimiento (Hull, 2006), el CENM empieza a coconstruir (Kreimer y Zabala, 2007) sus problemas de investigación con otros actores. En su último informe presentado y dirigido al comité de evaluación (CENM, 2007a), se evidencian relaciones con participantes que no estaban enrolados inicialmente. El CENM en acción ha generado colaboraciones con empresas de inyección de plástico, papel,¹³ manufactura y comercialización de materias primas químicas, empaques, resortes y plásticos. También desarrolla asociaciones con el Ministerio de Agricultura de Colombia para llevar a cabo, durante el año 2007, un taller sobre nanotecnología y agricultura.

Además de lo anterior, en el ámbito internacional el CENM ha gestado otras conexiones. Dentro del Acuerdo de Cooperación Científica y Tecnológica que se está consolidando entre la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Argentina y Colciencias, el CENM está gestionando relaciones con el Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INNN) de la Argentina, propósito por el cual realizó una visita a ese país en septiembre de 2007 y conceptuó favorablemente a Colciencias sobre la pertinencia de fortalecer esas colaboraciones.¹⁴

Otro elemento de la coconstrucción de los problemas científicos a ser abordados por el actor red CENM es la incorporación de actividades con expertos en prospectiva y vigilancia tecnológica¹⁵ (Reyes y Pedraza, 2007), con el propósito de facilitar

[...] el encuentro entre la oferta científica y tecnológica con las necesidades actuales y futuras de los mercados y de la sociedad. Al mismo tiempo, los ejercicios movilizan a los diferentes actores sociales para generar visiones compartidas de

¹³ Esa empresa está organizada en siete plantas distribuidas entre Cali (Colombia), Lima (Perú), Quito (Ecuador) y Valencia (Venezuela).

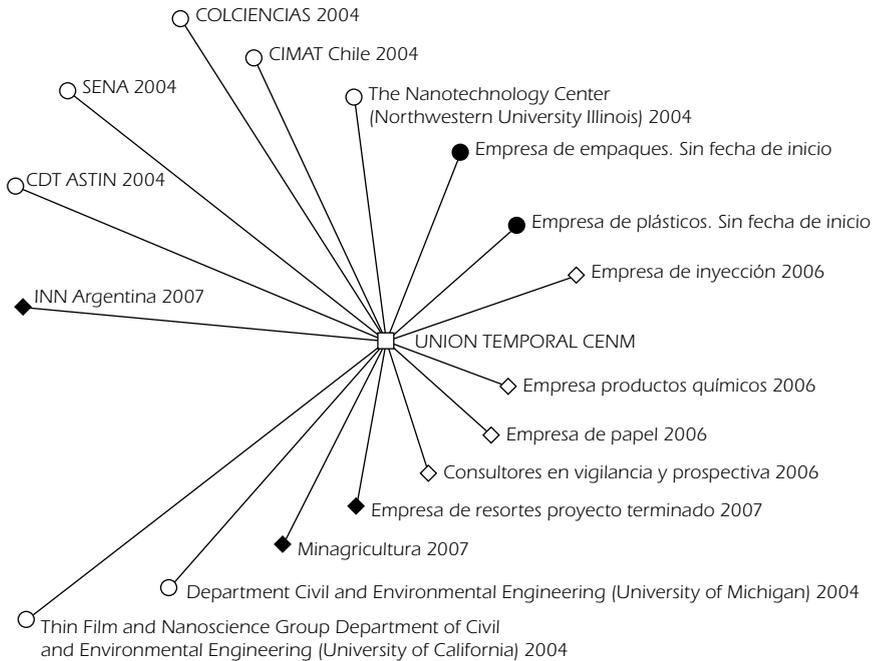
¹⁴ La carta del director del CENM dirigida a Colciencias, en la cual le reporta a esa entidad los resultados de la visita al INNN de Argentina, se encuentra disponible en <<http://calima.univalle.edu.co/cenm/CC-III-006-09-07.pdf>>.

¹⁵ Una de las actividades en ese sentido es la realización del Taller de Prospectiva en Nanomateriales en octubre de 2007.

futuro, orientar políticas de largo plazo y tomar decisiones estratégicas en el presente, dadas las condiciones y las posibilidades locales, nacionales y globales.¹⁶

A continuación, se presenta la red egocéntrica¹⁷ del CENM en la figura 1.

Figura 1. Red egocéntrica del CENM



El dibujo de los nodos se usa para denotar el momento de enrolamiento de los actores. Así, los círculos blancos son aquellos que estaban desde el año 2004, cuando se concibió el CENM. Los círculos negros son empresas que aún desarrollan proyectos con el CENM, pero cuya fecha de inicio de colaboraciones no está reportada en los informes oficiales de esa entidad. Los rombos blancos y negros corresponden a actores enrolados durante los años 2006 y 2007 respectivamente.

Fuente: Elaborado a partir de informaciones reportadas en el sitio oficial del CENM.

¹⁶ Información recuperada el 10 de abril de 2008 de <<http://calima.univalle.edu.co/cenm/prospectiva.htm>>.

¹⁷ Un diseño egocéntrico (Wasserman y Faust, 1999) de una red responde a las relaciones de un actor central con otros. En este caso, el actor foco es la Unión Temporal CENM, cuyo nodo representa a toda la red interna de las 10 instituciones y 19 grupos de investigación.

En los procesos de producción de conocimiento del CENM hay objetos intermediadores fijos¹⁸ (Vinck, 1999), como los instrumentos de caracterización y estudio de propiedades de materiales. Si bien gran parte de la infraestructura de equipo utilizado por el CENM pertenece a las universidades participantes, se ha invertido en dispositivos robustos para uso común. La red de los equipos adquiridos (con recursos mixtos de Colciencias y las universidades) y su ubicación se presentan en la figura 2.

Dentro de la anterior red el nodo con el más alto grado¹⁹ es Univalle, además de estar allí ubicada la dirección del CENM, que coordina el uso de los equipos. Tomando el caso del Sistema de Medidas de Propiedades Físicas (PPMS por sus siglas en inglés),²⁰ este dispositivo se convierte en un punto de pasaje obligado para los investigadores, ya que ofrece posibilidades de caracterización de materiales no disponibles en otros equipos. El folleto de presentación de los servicios que se ofrecen con el PPMS anuncia: “Este sistema es una herramienta que ahorra tiempo y hace eficiente la investigación científica. Damos la bienvenida a una nueva etapa en la investigación en nuevos materiales en Colombia”.²¹ Las tarifas para realizar medidas con ese dispositivo se encuentran diferenciadas según el tipo de solicitante: empresa, grupo no perteneciente al CENM y grupo perteneciente al CENM, siendo este último el que tiene acceso al costo más bajo por el servicio.

Otro punto de la producción y socialización del conocimiento en el CENM es la mediación que realiza el Estatuto de Propiedad Intelectual del CENM (CENM, 2007b), documento que establece las directrices para la protección de los desarrollos.

En cuanto a las formas de trabajo entre disciplinas, en el CENM participan profesionales de la física, química e ingeniería. Sus intercambios corresponden a un modelo de complementariedad (Vinck, 2007), bajo el cual cada área aporta al objetivo común sin atravesar las fronteras de su disciplina. Los artículos científicos, si bien son productos de los diferentes TII definidos por el CENM, hasta el momento en su mayoría son publicados en revistas nacionales e internacionales del campo de la física. Esta última disciplina tiene una alta presencia dentro de la red.

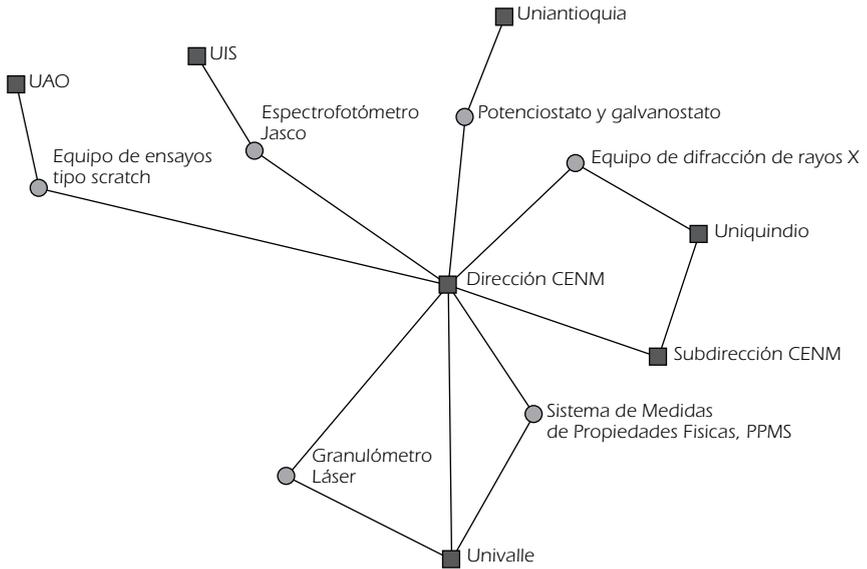
¹⁸ Quiere decir, ubicados permanentemente en un sitio. Los investigadores o muestras de laboratorios deben movilizarse para tener acceso a ellos.

¹⁹ El grado de un nodo es el número de relaciones que tiene con otros.

²⁰ Physical Property Measurement System.

²¹ El folleto promocional del PPMS se encuentra disponible en <<http://calima.univalle.edu.co/cenm/>>. En la frase citada, se evidencia cómo para los investigadores el instrumental de laboratorio abre o cierra ciertas posibilidades de trabajo, especialmente cuando algunos de los dispositivos son de alto costo y en su adquisición se requiere con frecuencia unir esfuerzos de varias entidades.

Figura 2. Red de los equipos robustos adquiridos por el CENM y entidad donde se han ubicado



Fuente: Elaborado a partir de informaciones reportadas en el sitio oficial del CENM.

LA GESTIÓN DE CONOCIMIENTO EN NANOCITec

Desde su creación, NanoCiTec ha dado gran relevancia a los procesos de contextualización y recontextualización de conocimientos sobre nanociencia y nanotecnología. Ha fortalecido redes de vinculación y transferencia (Orozco y Chavarro, 2006),²² a través del desarrollo de charlas y espacios de divulgación para público general. Dentro de esos eventos se encuentra el ciclo de conferencias “Nanotecnología, investigación y desarrollo y Nanotecnología y su impacto en el área de la salud”, realizado los días 18 y 19 de septiembre de 2007, con la participación de expositores nacionales e internacionales. La cuota nacional fue aportada por Rafael Hurtado y Rafael Molina, de la Universidad Nacional de Colombia, Jorge Reynolds, investigador del grupo Seguimiento de Corazón Vía Satélite – scvs y Dianney Clavijo, de NanoCiTec y la Universidad Nacional de

²² Esos autores llaman redes de vinculación y transferencia a aquellas que aportan a la formación de percepción pública.

Colombia. El invitado internacional fue Jordi Pascual, director del Institut Catalá de Nanotecnología (ICN) de España. Dentro de las entidades auspiciadoras del evento se encuentran: Pontificia Universidad Javeriana, Roche, Fundación Cardio Infantil, el ICN y NanoCiTec.²³

Por otra parte, en lo referente al desarrollo del programa de investigación principal de NanoCiTec, Cáncer y Nanotecnología, este se materializa mediante proyectos. La coordinación de los integrantes se realiza en mayor proporción vía medios electrónicos de comunicación y con encuentros personales cuando es necesario. El Centro no cuenta con instalaciones físicas propias: para tener acceso a equipos e instrumental de producción y caracterización de materiales, utiliza las modalidades de préstamo o alquiler, principalmente con universidades. Por otra parte, dada la vinculación de su director con la Pontificia Universidad Javeriana, esta institución ha proporcionado un espacio para algunas de las actividades.

Los instrumentos de laboratorio son, también en este caso, objetos intermediadores de acuerdos. Es así en el convenio firmado durante el año 2006 con la Universidad del Bosque para la realización de un proyecto conjunto dirigido a la realización de pruebas de citotoxicidad en vivo con tres tipos de nanotubos de carbono. A través de ese convenio, NanoCiTec tuvo acceso al bioterio ubicado en las instalaciones de esa universidad. Ese trabajo ya fue terminado y sus resultados están próximos a publicarse. Los estudios mostraron una alta ausencia de citotoxicidad para las partículas analizadas, pero, tal como lo comenta el director de NanoCiTec, ese tipo de pruebas son muy sensibles a las condiciones ambientales y de operación, razón por la cual no hay resultados a nivel mundial que sean realmente concluyentes.

Otro de los proyectos terminados se realizó con la Universidad Santo Tomás. Con relación a ese trabajo, un comunicado de prensa con fecha del 10 de marzo de 2008 informa:

Un grupo de diez investigadores de la Universidad Santo Tomás de Bogotá, que realizan estudios de nanotecnología, construyeron este prototipo de robot que copia el movimiento de partículas dentro del organismo humano y la forma como estas se autoensamblan.

[...] Edgar González, director de la investigación, explicó que observar cómo se comportan estos robots es de gran importancia a la hora de desarrollar materiales

²³ NanoCiTec también está vinculado a las conferencias “Encuentro con el futuro: el mundo avanza y tu avanzas con él”, organizadas por la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (ACAC) y la Universidad Nacional, y dirigidas a estudiantes, profesores y público en general. En ese marco, el director de NanoCiTec dictó una charla denominada “Viaje al interior de la materia”, el 17 de mayo de 2008.

y métodos de tratamiento con nanopartículas capaces de reconocer un blanco en especial (por ejemplo, una célula cancerígena), transportar medicamentos y ayudar a hacer diagnósticos de enfermedades de forma puntual [...]

[...] El Arbot fue presentado en el 14th IEEE Latin American Robotic Symposium, en Monterrey (México) donde fue aplaudido, pero ahora los investigadores entraron en una segunda fase e intentan reducir cada vez más la escala en que se encuentra el robot.²⁴

NanoCiTec también ha generado proyectos sobre citotoxicidad *in vitro* y síntesis de partículas, y ha obtenido nanotubos de carbono y nanopartículas magnéticas. En ese punto, se destaca el trabajo de síntesis de nanoestructuras de carbono realizado en colaboración con la Universidad Javeriana y presentado en el Nanotech 2008 (Boston), bajo el título “Synthesis and characterization of carbon nanofibers using oxy-acetylene flame”.

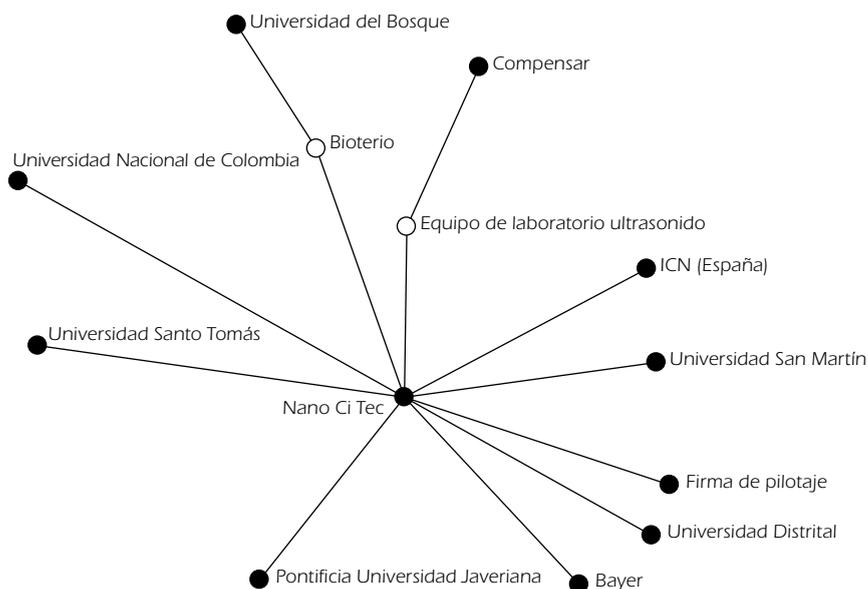
Lo local y lo global se articulan en el actor-red de NanoCiTec. Dentro de los proyectos que está iniciando, se encuentra uno en colaboración con el ICN de España, para el estudio de transporte de nanopartículas en el flujo sanguíneo. Las labores de síntesis de partículas continúan, pero también el Centro espera involucrarse con métodos de simulación. Adicionalmente, empieza a estudiar ciertos tipos de cáncer que son de mayor incidencia en Colombia. En cuanto a conexiones con el sector productivo, NanoCiTec ha continuado relaciones con Bayer y con una compañía de pilotaje, las cuales fueron iniciadas a través del IEEE-CNNN. Además, con la organización Compensar, el Centro gestionó la compra de un equipo de laboratorio, lo cual exigió acuerdos sobre el tipo de uso que se daría al dispositivo.

Dentro del actor red de NanoCiTec, el director del Centro actúa como agente mediador de conocimiento y portavoz principal ante distintas instancias. Por su parte, los investigadores asociados al Centro median en las relaciones con las universidades Nacional de Colombia, Javeriana, Santo Tomás, Distrital y San Martín. La red egocéntrica de NanoCiTec se presenta en la figura 3.

Ese nodo que está representando a NanoCiTec es al interior una red de profesionales y disciplinas que se articulan en los proyectos bajo un modelo de complementariedad. Sin embargo, en las prácticas cotidianas, han generado un lenguaje común que los acerca a una circulación de conceptos entre los distintos saberes. Tal como lo plantea el director del Centro, en la nanoescala los problemas a trabajar no le competen a una sola disciplina y es difícil adscribirlos a una

²⁴ Información recuperada el 20 de abril de 2008 de <<http://www.universia.net.co/docentes/destacado/profesores-de-la-universidad-santo-tomas-desarrollan-prototipo-de-robot.html>>.

Figura 3. Red egocéntrica de NanoCiTec



Los actores sociales se dibujan de color negro y los no sociales de blanco.

Fuente: Elaborado a partir de informaciones suministradas por el centro y revisión de página web.

única área del conocimiento. El grupo de investigadores se enfrenta a lo que llaman *un mundo nuevo e impredecible* y es por esto que deben hacerse permanentemente replanteamientos de su trabajo y estar abiertos al error y al cambio. No hay directrices rígidas sobre cómo desarrollar las investigaciones, hay un compromiso de los participantes con los propósitos fijados. Los grupos de cada proyecto se autoorganizan.

Los procesos de socialización de conocimiento al interior del Centro se realizan a través del envío de documentos por medios electrónicos y reuniones. Los resultados se validan antes de ser divulgados, y la difusión se maneja de manera cuidadosa para evitar la generación de falsas expectativas frente a un problema tan sensible como es el del cáncer. Además, el Centro se encuentra ligado de manera permanente a procesos educativos. Muestra de ello es el curso internacional sobre nanobiosensores realizado conjuntamente con la Universidad Javeriana y la Universidad Santo Tomás en agosto de 2008. Aparte de los espacios de divulgación ya mencionados, NanoCiTec comunica sus resultados a través de publicaciones científicas.

Otro medio de divulgación en el cual ha participado NanoCiTec es la coedición del libro *Nanotecnociencia: nociones preliminares sobre el universo nanoscópico*, junto con la Asociación Colombiana pro Enseñanza de la Ciencia (Buinaima), Proteus Nanotechnologies (Nanocolombia) y el IEEE-CNNN. La designación del título del libro fue una tarea asociada a la identidad de las actividades de los actores involucrados, haciendo uso del concepto nanotecnociencia para dar énfasis al hecho que la ciencia y tecnología “se han acercado cada vez más a una especie de fusión simbiótica, hasta el punto que hoy en día a menudo es imposible diferenciarlas” (Giraldo, 2007: 15).

GESTIÓN DE CONOCIMIENTO EN EL PROYECTO NANOPUENTE A-V

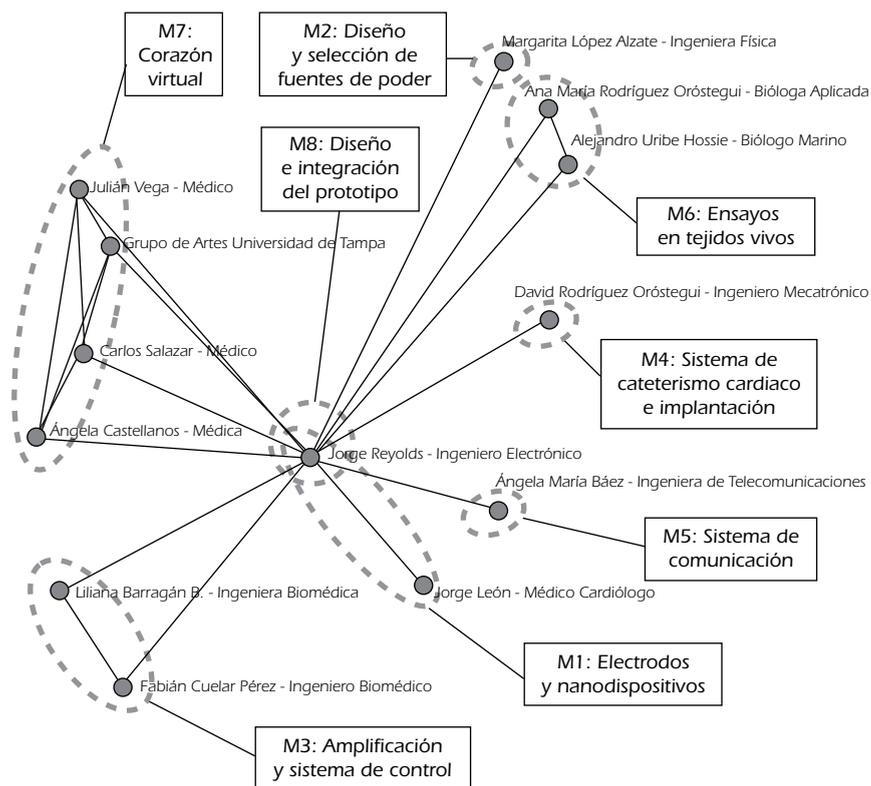
Este proyecto fue concebido desde el principio como un esfuerzo de varias disciplinas. Se tienen ocho módulos, cada uno de los cuales cuenta con un equipo de trabajo. El grupo del proyecto tiene una sede en la ciudad de Bogotá, lugar donde se han realizado los avances hasta la fecha. Los desarrollos han evidenciado la necesidad de crear otro módulo con un *software* para simular las variables e interacción de las partes. Dos ingenieros de sistemas están empezando a trabajar en ello.

Cada módulo tiene unos objetivos a los cuales se les hace seguimiento y se hacen reuniones para presentar avances. El ingeniero Reynolds actúa como agente mediador de conocimiento. Las disciplinas se articulan bajo un modelo de complementariedad y con circulación de conceptos, para construir un lenguaje común (Vinck, 2007). El nanomarcapasos, como centro mediador de la red, facilita un espacio para la intercomunicación. Dentro del módulo “corazón virtual”, participan investigadores de la Universidad de Tampa. Es también un objeto intermediador para procesos educativos e investigativos. En la figura 4 se presenta la red de integrantes del proyecto, tal como estaba constituido el equipo humano en agosto de 2007 (Reynolds, 2007).

Se ha avanzado en el diseño, en el corazón virtual y en algunas partes del prototipo. En Italia se construyeron unos microcircuitos, pero aún no se está haciendo la miniaturización. Según el ingeniero Reynolds, más adelante es posible que algunos de los trabajos se realicen por fuera. El grupo proyecta, además, adquirir un dispositivo para empezar a hacer prototipos del circuito.

Según explica el investigador Reynolds en la entrevista concedida a la revista *Muy Interesante*, los desarrollos del nanopuente irán de la mano de los avances en nanolitografía: “Cuando esté más desarrollada la tecnología de la nanolitografía, en dos o tres años, los circuitos del nanopuente aurículo-ventricular artificial serán mil veces más pequeños que los de los actuales modelos” (Posada-Swafford, 2007, p. 150).

Figura 4. Red del proyecto Nanopuente A-V



Los diferentes módulos se denotan con la letra M y el número correspondiente.

Fuente: Elaborado a partir de Reynolds (2007).

Este proyecto está orientado a una aplicación concreta. Dentro de la red, los actores enrolados están asociados al desarrollo del nanomarcapasos; pero también existen contactos con empresas que podrían aportar en fases posteriores del proyecto, así como instituciones de regulación en salud, que se convierten en futuros puntos de pasaje obligado de la red. En cuanto a desafíos que enfrentan, el ingeniero Reynolds agrega que uno de ellos es elegir “el sistema más interesante para garantizar la estabilidad de los circuitos, los costes y la accesibilidad de los profesionales médicos a la tecnología. Ahora, el reto es dar con materiales que nos permitan construir electrodos con mayor conductividad eléctrica” (Posada-Swofford, 2007:152).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La consolidación de las redes en los casos estudiados responden a diferentes motivaciones, y eso influye también en las estructuras de trabajo adoptadas. En el caso del CENM, hay un impulso gubernamental mediante el programa de centros de excelencia que motiva las agrupaciones de actores. Las iniciativas del NanoCiTec y Nanopuente A-V surgen de mecanismos de autoorganización a partir de necesidades o problemas identificados. El estudio revela que en las redes de estos casos estudiados los procesos de visibilidad y apropiación local se coconstruyen. La visibilidad internacional permite lograr un prestigio que posibilita el acceso a recursos para continuar los desarrollos. Así mismo, los resultados locales son validados en ámbitos globales por medio de referenciación.

Si bien en las redes sociotécnicas de estos casos hay un gran peso de actores científicos, poco a poco se han ido enrolando actores del sector empresarial. En las prácticas de gestión de conocimiento, la contextualización y recontextualización llevan a generar relaciones con actores locales, que a su vez realimentan la investigación. En este punto, los resultados coinciden con los mostrados por Kreimer y Zabala (2007) en lo referente a la construcción recíproca de problemas sociales y científicos. El trabajo interdisciplinario toma formas de complementariedad y circulación, con intercambios locales e internacionales. Los agentes mediadores de conocimiento identificados están altamente conectados al mismo tiempo con la comunidad científica internacional y con grupos sociales locales. Su prestigio y liderazgo ha favorecido la articulación de las redes. En este punto los resultados aquí reportados permiten hacer una lectura diferente de las relaciones locales/globales de los países latinoamericanos en nanotecnología a la realizada por autores como Delgado (2008), principalmente porque la dicotomía centro/periferia no explica suficientemente la forma en que se organizan las redes. Las actividades en nanotecnología son multisituadas y en ese sentido se contextualizan permanentemente en ámbitos locales y globales.

Los objetos intermediadores fijos favorecen la movilización de investigadores y la generación de alianzas para su uso. En un área emergente como la nanotecnología, gran parte de los desarrollos no cuentan con aplicaciones concretas en el mercado, pero aún así no responden estrictamente al tipo CANA, ya que las redes incorporan desde sus inicios actores del mundo empresarial y se caracterizan por estrategias de difusión de conocimiento a público no científico como forma de interesamiento de nuevos actores. Los hallazgos dirigen a repensar el concepto de CANA, ya que los casos indican una coconstrucción de lo local con lo global y una generación y uso del conocimiento no estrictamente separadas, ni unidas de manera lineal. En el caso del CENM, los problemas de investigación están surgiendo de necesidades concretas de la industria o de ejercicios de vigi-

lancia y prospectiva que toman requerimientos del mercado y los combinan con las capacidades tecnológicas. NanoCiTec y el proyecto Nanopunte A-V surgen para tratar problemas específicos del área de la salud, aprovechando las potencialidades de la nanotecnología. Es así como estas iniciativas no muestran un proceso lineal de investigación alejado del mercado. Desde el inicio, las redes están incorporando actores del lado de la demanda. Es más, esa demanda es una coconstrucción en la que participan los gestores de la nanotecnología mediante las redes de vinculación y transferencia. Por ello se propone la noción de cogestión de conocimiento, como un proceso de conformación de arreglos sociotécnicos (Callon, 2007), en el cual no hay una relación lineal productor-usuario, ya que estos roles son intercambiables en el tiempo, y están mediados por sucesivas traducciones. Los aprendizajes atraviesan las instituciones y disciplinas y se estructuran diferentes esquemas de trabajo entre áreas, con una negociación de roles y tiempos de desarrollo.

REFERENCIAS

- Bernard, H. R. (2006), *Research methods in anthropology: Qualitative and quantitative approaches*, 4ª ed., Oxford, Altamira Press.
- Borgatti, S. P., M. G. Everett y L. C. Freeman (2002), *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*, Harvard, Analytic Technologies.
- Callon, M. (1986a), “La recherche industrielle: le mal français”, *La Recherche Économie Supplément*, vol. 17, N° 183, pp. 4-9.
- Callon, M. (1986b), “The sociology of an actor-network: The case of the electric vehicle”, en Callon, M., J. Law y A. Rip (eds.), *Mapping the dynamics of science and technology*. Basingstoke, Macmillan, pp. 19-34.
- (1991), “Technico-Economic Networks and Irreversibility”, en Law, J. (ed.), *A Sociology of Monsters. Essays on Power, Technology and Domination*, Londres, Routledge & Kegan.
- (1995), “Algunos elementos para una sociología de la traducción. La domesticación de las vieiras y los pescadores de la bahía de St. Brieuc”, en Iranzo, J. M. et al. (eds.), *Sociología de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, pp. 259-282.
- (1998), “El proceso de construcción de la sociedad. El estudio de la tecnología como herramienta para el análisis sociológico”, en Doménech, M. y F. Tirado (eds.), *Sociología simétrica. Ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad*, Barcelona, Editorial Gedisa, pp. 143-170.
- (2007), “An Essay on the Growing Contribution of Economic Markets to the Proliferation of the Social”, *Theory, Culture & Society*, vol. 24, N° 7-8, pp. 139-163.
- Centro de Excelencia en Nuevos Materiales-CENM (2004), “Creación de un Centro de Excelencia en Nuevos Materiales-CENM”.

- (2007a), “Presentación Comité de Evaluación CENM-2007”, recuperado el 12 julio de 2007 de <<http://calima.univalle.edu.co/cenm/Presentacion%20CENM%20Junio%205%20y%206-2007%20Definitivo.pdf>>.
- (2007b), “Estatuto de Propiedad Intelectual del Centro de Excelencia en Nuevos Materiales”.
- Colciencias (2004), “Convocatoria nacional para la creación de centros de investigación de excelencia de Colciencias-2004”, Bogotá, Colciencias.
- (2008), “Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación: Colombia Construye y Siembra Futuro”, Bogotá, Colciencias.
- Delgado, G. C. (2008), “Entre la competencia y la dependencia tecnológica: la nanotecnología en el continente americano”. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, vol. 17, N° 1, pp. 1-25.
- Departamento Nacional de Planeación-DNP (2006), *Visión Colombia II Centenario: Fundamentar el crecimiento y el desarrollo social en la ciencia, la tecnología y la innovación. Propuesta para discusión*, Bogotá, Grupo OP Gráficas S.A.
- Flick, U. (2007), *Designing qualitative research*. Thousand Oaks, California, Sage Publications.
- Giraldo, J. (2007), “Presentación: El Nanomundo, otro universo del Dr. Einstein”, en Giraldo, J., E. González y F. Gómez-Baquero (eds.), *Nanotecnociencia: nociones preliminares sobre el universo nanoscópico*. Bogotá, Ediciones Buinaima.
- Glanzel, W. et al. (2003), *Nanotechnology: Analysis of an Emerging Domain of Scientific and Technological Endeavour*, Leuven, Steunpunt O&O Statistieken, Report.
- Grupo scvs (2007), “Nanopuente A-V”, recuperado el 20 de enero de 2008 de <<http://nanomarcapasos.net/nanopuenteAV.htm>>.
- Gulmanelli, S. (2006), “Nanocardiologia l’idea di Jorge Reynolds, pioniere del pace-maker: Dagli abissi i segreti del cuore”, *Nova 24*, recuperado el 5 de febrero de 2008 de <http://didattica.polito.it/master/systemsdesign_0708/pdf/reynold.pdf>.
- Herrera, V., M. Jaime y D. Vinck (2006), “Mediator Agents of Knowledge in Glo/Cal Networks: What role play the research groups of Los Andes University in Bogotá?”, *53rd Annual North American Meetings of the Regional Science Association International*, Toronto, Canadá, 15-18 de noviembre.
- Huang, C., A. Notten y N. Rasters (2008), *Nanotechnology Publications and Patents: A Review of Social Science Studies and Search Strategies*, Working paper series N° 058, UNU-MERIT, Maastricht.
- Hull, R. (1999), “Actor network and conduct: The discipline and practices of knowledge management”, *Organization*, vol. 6, N° 3, pp. 405-428.
- IEEE (2005), “International Conference on Nanotechnology: Present and Future”, recuperado el 10 de abril de 2008 de <<http://www.nd.edu/~ntcnews/2005/downloads/IntnrntlConfBogata05.pdf>>.
- Invernizzi, N. y G. Foladori (2006), “¿Beneficiarán las nanotecnologías a los países en desarrollo? Enfoques y controversias”, *Memorias VI ESOCITE*, Bogotá, 9 a 21 de abril de 2006, recuperado el 3 de mayo de 2007 de <http://www.ocyt.org.co/esocite/Ponencias_ESOCITEPDF/4BRS010.pdf>.

- Kreimer, P. (2006), “¿Dependientes o integrados? La ciencia latinoamericana y la nueva división internacional del trabajo”. *Revista Nómadas*, vol. 24, pp. 199-212.
- y J. P. Zabala (2007), “Scientific Problems Chagas Disease in Argentina: Reciprocal Construction of Social and Scientific Problems”, *Science Technology Society*, vol. 12, N° 1, pp. 49-72.
- Marcus, G. (1995), “Ethnography in/of the World System: The Emergence of Multi-sited Ethnography”, *Annual Review of Anthropology*, vol. 24, pp. 95-117.
- Ministerio de Comunicaciones y Colciencias (2008), “Convocatoria nacional para conformar el banco de proyectos para el establecimiento de un centro de investigación de excelencia en electrónica, telecomunicaciones e informática (ETI)”.
- Mogoutov, A. y B. Kahane (2007), “Data search strategy for science and technology emergence: A scalable and evolutionary query for nanotechnology tracking”, *Research Policy*, vol. 36, pp. 893-903.
- Noyons, E. *et al.* (2003), “Mapping excellence in science and technology across Europe Nanoscience and nanotechnology”. Draft report of project EC-PPN CT-2002-2001 to the European Commission. Recuperado el 2 de mayo de 2008 de <udies.cwts.nl/projects/ec-coe/downloads/Final_report_13112003_nano.pdf>.
- Orozco, L. A. y D. A. Chavarro (2006), “De historia y sociología de la ciencia a indicadores y redes sociales: Análisis de la biotecnología para el estudio de comunidades científicas en el marco de los programas nacionales de ciencia y tecnología”, en Villaveces, J. L. y J. Charum (eds.), *Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCYT)*, Bogotá, Javegraf.
- Porter, A. *et al.* (2008), “Refining search terms for nanotechnology”. *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 10, N° 5, pp. 715-728.
- Posada-Swofford, A. (2007), “La cápsula de la vida: Jorge Reynolds crea el marcapasos de 1 milímetro”, *Muy Interesante*, vol. 317, pp. 148-154.
- Reyes, A. y G. Pedraza, (2007), “Nanomateriales: ¿Quo Vadis?”, Memorias Nanoforum Colombia 2007, Bogotá, 26 y 27 de octubre 2007.
- Reynolds, J. (2007), “Nanopuente A-V Artificial. Memorias Tercer Encuentro de Investigación Innovación e Ingeniería en Telecomunicaciones: las TIC aplicadas al Sector Salud”, Bogotá, CINTEL, 28 y 29 de agosto de 2007.
- Salazar, M. (2008), “Canada & Colombia: Two approaches to the role of regions and networks in research and innovation policy”, en Memorias de *Conferencia Prime-Latin America*, México.
- Vinck, D. (1999), “Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique: Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales”, *Revue Française de Sociologie*, vol. 40, N° 2, pp. 385-414.
- (2003), “Epilogue: Approaches to the Ethnography of Technologies”, en Vinck, D. (ed.), *Everyday Engineering: An Ethnography of Design and Innovation*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, pp. 203-226.
- (2006), “Dynamique d’innovation et de conception et rôle des objets intermédiaires. Les Supports de la Connaissance: Technologies, Médiatisation, Apprentissage”, recupera-

do el 26 de febrero de 2008 de <<http://gdrctics.u-paris10.fr/pdf/ecoles/sept2006/VINCK.pdf>>.

— (2007), *Sciences et société: Sociologie du travail scientifique*, París, Armand Colin. [Una edición más completa para América Latina será publicada por Colciencias (Bogotá) en 2009.]

Wasserman, S. y K. Faust (1999), *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.

Artículo recibido el 1° de diciembre de 2008.

Aceptado para su publicación el 1° de febrero de 2009.

NANOTECNOLOGÍA EN LOS MEDIOS: ¿QUÉ INFORMACIÓN LLEGA AL PÚBLICO?*

NOELA INVERNIZZI**
CIBELE CAVICHILO***

RESUMEN

En este artículo analizamos la información divulgada al público brasileño sobre nanociencia y nanotecnología, un campo científico tecnológico emergente que ha ganado rápida legitimidad, carácter estratégico y significativas inversiones públicas en investigación en el país. Examinamos un diario y tres revistas semanales de información general, centrándonos en sus secciones de noticias sobre ciencia y tecnología, y dos revistas especializadas en divulgación científica. El período analizado es 2002-2007. El mapeo de la información fue realizado a partir de las siguientes variables: a) contenido general de la información; b) uso de fuentes de información; c) caracterización de la nanotecnología; d) caracterización de las visiones sobre nanotecnología (promesas futuras); e) implicaciones sociales y riesgos; f) consideraciones sobre la relación ciencia sociedad. Los resultados muestran una escasa divulgación de información que contrasta con el carácter estratégico otorgado a este campo en las políticas brasileñas de ciencia y tecnología en la política industrial. La información disponible se caracteriza por el énfasis en las visiones optimistas sobre la nanotecnología, a través de promesas como productos más eficientes e “inteligentes”, avances impresionantes en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, una segunda revolución informática y desarrollo económico, entre otras. Las promesas de los científicos tienden a ser magnificadas en los textos periodísticos en títulos, destacados o figuras con tonos futuristas. La divulgación de aspectos controversiales es escasa. Por un lado, los textos no aluden a los debates internos en el campo de la nanotecnología. Por otro, las promesas son raramente enturbiadas por efectos no deseados, riesgos, implicaciones sociales o dilemas éticos vincu-

* Este trabajo expone resultados de investigación del proyecto “Debates y visiones sobre nanotecnología. Análisis de su influencia en las políticas de investigación y la información pública”, financiado por la Fundación Araucaria del Estado de Paraná, Convenio N° 038/2007, protocolo 8662. La investigación también contó con recursos del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPQ) mediante beca de Iniciación Científica.

** Profesora del Sector de Educación, Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil. Coordinadora de la Red Latinoamericana Nanotecnología y Sociedad.

*** Estudiante de Ciencias Sociales, Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil. Becaria de Iniciación Científica, CNPQ.

lados a tales tecnologías. La información sobre riesgos de la nanotecnología es deficiente y ambigua.

PALABRAS CLAVE: NANOCIENCIA, NANOTECNOLOGÍA – DIVULGACIÓN CIENTÍFICA – PRENSA ESCRITA – VISIONES TECNOCIENTÍFICAS

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología es frecuentemente presentada como la próxima revolución tecnológica, con un potencial de aplicación en los más variados sectores productivos. Diversos objetos ya disponibles en el mercado incorporan esta nueva tecnología y se estima que la venta mundial de productos conteniendo nanotecnología superará los 500 mil millones de dólares en el año 2010, y crecerá hasta alcanzar entre 2,6 y 2,9 billones de dólares en 2015 (Científica, 2007; Lux Research, 2006; Baker y Aston, 2005).¹

Las inversiones públicas y privadas destinadas a investigación y desarrollo en nanociencia y nanotecnología han ido aumentando significativamente en los últimos años, alcanzando globalmente a los 12,4 billones de dólares americanos en 2006 (Lux Research, 2006). Sin embargo, junto al entusiasmo por estas tecnologías, comienzan también a manifestarse preocupaciones sobre sus posibles riesgos y sobre las implicaciones sociales que un cambio tecnológico tan radical podría traer consigo.

En América Latina, Brasil ha sido pionero al lanzar el primer programa nacional para el fomento de la nanociencia y nanotecnología. Ya a finales del año 2000, mientras Estados Unidos elaboraba su Nacional Nanotechnology Initiative, el Consejo Nacional para el Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPQ) comenzó a articular una política para el sector. En 2001, fueron creadas las primeras cuatro redes de investigación congregando investigadores de varias universidades. En 2004, el Ministerio de Ciencia y Tecnología incluyó en su Plan Plurianual 2004-2007 un Programa de Desarrollo de la Nanociencia y Nanotecnología. Al mismo tiempo, la Política Industrial y de Comercio Exterior adjudicó a la nanotecnología carácter estratégico para el desarrollo de la innovación y competitividad del país. A partir de 2005, estas acciones se consolidaron en el Programa Nacional de Nanotecnología. Los grupos de investigación han ido aumentando desde entonces, con diez redes de investigación financiadas por el CNPQ, responsables de una creciente producción científica en el área (Invernizzi, 2008; Martins *et al.*, 2007).²

¹ Estas proyecciones han recibido cuestionamientos. Véase, por ejemplo, Berger (2007).

² El físico Cylon G. da Silva sostiene que mientras la participación brasileña en la producción

Entre 2001 y 2007, Brasil invirtió R\$ 150 millones (en torno de US\$ 83 millones) en nanotecnología a través de las acciones del Programa Nacional de Nanotecnología, de los Fondos Sectoriales, de financiamiento a proyectos de investigación y de subvención económica a empresas (Agencia Brasil, 2007).

En este artículo analizamos la información divulgada al público sobre este emergente campo científico tecnológico que ha ganado rápida legitimidad, carácter estratégico y significativas inversiones públicas en investigación en el país; examinamos algunos vehículos de la prensa escrita, incluyendo un diario y tres revistas semanales de información general, centrándonos en sus secciones de noticias sobre ciencia y tecnología, y dos revistas especializadas en divulgación científica.

El diario *Folha de S. Paulo* es el más vendido del país. Publica diariamente la sección *Folha Ciência*, con el propósito de ofrecer información sobre “los últimos descubrimientos e investigaciones más recientes e importantes en Brasil y el mundo, dando especial atención al didactismo y al uso de recursos visuales para explicar asuntos complejos”.³ Las tres revistas semanales escogidas –*Veja*, *Época e Isto É*–⁴ son las de mayor circulación en el país. Todas ellas poseen secciones en las que tratan asuntos de ciencia y tecnología y en algunas ocasiones, les dedican reportajes centrales. Finalmente, seleccionamos las dos revistas de divulgación científica más disponibles en los quioscos, *Galileu* y *Super Interessante*.⁵ Ambas pueden ser caracterizadas, por su lenguaje y forma de exposición del contenido, como revistas de divulgación para el público general. Son publicadas mensualmente y se proponen llevar al público las novedades en ciencia, tecnología, salud, ambiente e historia.

El período de búsqueda de la información fue 2002-2007. Este período corresponde con el desarrollo de actividades sistemáticas de promoción del desarrollo de la nanotecnología en Brasil.

El mapeo de la información fue realizado a partir de un conjunto de variables expuestas a seguir: a) contenido general de la información; b) uso de fuentes de información; c) caracterización de la nanotecnología; d) caracterización de las visiones sobre nanotecnología (promesas futuras); e) implicaciones sociales y riesgos; f) consideraciones sobre la relación entre ciencia y sociedad.⁶

científica global es 1,44%, la participación en el campo específico de nanotecnología es el doble, llegando a 2,9% (entrevista realizada por Teixeira, 2004).

³ *Folha de S. Paulo*: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/conheca/cadernos_diarios.shtml>.

⁴ *Veja*: <<http://veja.abril.com.br/index.shtml>>; *Isto É*: <<http://www.terra.com.br/istoe/>>; *Época*: <<http://revistaepoca.globo.com/>>.

⁵ *Galileu*: <<http://revistagalileu.globo.com/>>; *Super Interessante*: <<http://super.abril.com.br/revista/>>.

⁶ También fue relevada la información concerniente a la situación y potencialidades de la nanotecnología en Brasil divulgada por las revistas y el diario, pero ese tema no será desarrollado en este artículo.

Nos interesa evaluar la cantidad y el contenido de la información sobre nanotecnología que llega al público. ¿De qué forma estas nuevas tecnologías son presentadas? ¿Qué promesas y visiones de una futura “sociedad nanotecnológica” son más comunes? ¿Cómo se presenta la ciencia y sus relaciones con la sociedad? ¿Son frecuentes las perspectivas distópicas?⁷ ¿Se alude a riesgos y a implicaciones sociales de las nanotecnologías? Entendemos la información sobre ciencia y tecnología y la divulgación científica realizadas por la prensa como una modalidad de educación informal y no formal respectivamente que contribuyen a la formación de los ciudadanos para que estos puedan posicionarse, opinar y participar en las decisiones sobre ciencia y tecnología (Korbes, 2008; Marandino *et al.*, 2004).

En la primera sección de este artículo, analizamos la frecuencia de las informaciones sobre nanotecnología en estos medios, los asuntos más abordados y la forma en que estas tecnologías son presentadas a los lectores. La segunda sección, dividida en dos partes, está dedicada a examinar las visiones de futuro asociadas a la nanotecnología. En la primera parte, mostramos cómo son traducidas al público, por los medios, las promesas y utopías divulgadas por los científicos que investigan en nanotecnología. En la segunda parte de esta sección, analizamos en qué medida los medios incluyen informaciones sobre controversias en torno a este campo tecnocientífico y sobre debates que envuelven también actores no científicos a propósito de sus posibles riesgos e implicaciones económicas, sociales y éticas. Cerramos el artículo con algunas reflexiones finales.

LA NANOTECNOLOGÍA EN LA INFORMACIÓN PÚBLICA

El carácter estratégico otorgado a la nanotecnología en la política de ciencia, tecnología e innovación y en la política industrial brasileñas contrasta con la escasa información sobre estas tecnologías disponible al público, inclusive aquel activamente interesado en las secciones de información sobre ciencia y tecnología de diarios y revistas y en revistas de divulgación científica. Durante el período analizado, fueron trazadas en el país las principales medidas de política para el desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías, con considerable inversión de fondos públicos. El aumento de las inversiones globales fue expresivo y los

⁷ El término distopía ha sido bastante utilizado en la discusión sobre las implicaciones sociales de la nanotecnología, frecuentemente asociado a posiciones tecnopesimistas. En este artículo, nos referimos a distopía como la visión de una sociedad en la cual las condiciones de vida son adversas, sea por la pobreza, opresión, violencia, enfermedad o contaminación (<<http://en.wikipedia.org/wiki/Dystopia>>).

primeros productos conteniendo nanotecnología llegaron al mercado. Fue también un período durante el cual se comenzó a debatir internacionalmente tanto el potencial económico de estas nuevas tecnologías, su capacidad para auxiliar el cumplimiento de las metas del milenio, como también sus implicaciones para la sociedad y sus posibles riesgos. Ocurrieron las primeras manifestaciones públicas de preocupación e inclusive un pedido de moratoria sobre la nanotecnología realizado por el Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración (ETC). Tales eventos se reflejaron de forma muy tenue en la información pública.

Los medios de información analizados tienen diversa periodicidad: mensual, semanal y diaria. Considerando la media anual de artículos publicados, la sección Ciencia del diario *Folha de S. Paulo* es la que ha dado mayor atención al asunto, publicando en torno de ocho artículos anuales.⁸ Entre las revistas de divulgación, *Galileu* dio mayor cobertura que *Super Interessante*, pero ninguna llegó a la media de un artículo por año. Finalmente, entre las revistas semanales, *Época* fue la única en llegar a la media de un artículo por año (cuadro 1).

Cuadro 1. Número de artículos sobre nanotecnología en los medios analizados, 2002-2007

Año	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
2002	7	1	0	0	0	0
2003	9	1	0	0	0	0
2004	11	2	1	1	0	1
2005	8	0	1	1	2	1
2006	6	0	0	0	1	2
2007	8	1	0	0	1	2
Total de artículos	49	5	2	2	4	6
Articulos/año	8.2	0.8	0.3	0.3	0.7	1

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

⁸ Nuestro relevamiento se basa únicamente en la sección Ciencia, pero el diario *Folha de S. Paulo* publicó también artículos sobre nanotecnología en otras secciones temáticas, como las secciones Dinero, Cotidiano, etc. (Amorim, 2008).

Al considerar los temas abordados, encontramos algunas especificidades en los distintos medios examinados. En la sección Ciencia de *Folha de S. Paulo*, predomina el relato de investigaciones extranjeras con el propósito de informar al lector sobre las últimas tendencias de la investigación (véase cuadro 2). Son generalmente textos cortos sobre asuntos bastante específicos, y con frecuencia basados directamente en publicaciones científicas. Las dos revistas de divulgación presentaron artículos más extensos, llegando algunos a las diez páginas, con enfoques más amplios orientados a informar qué es la nanotecnología y cuáles son sus principales aplicaciones actuales o futuras. Las revistas semanales, por su parte, dedicaron espacios muy variables al tema, desde pequeñas notas hasta artículos largos. Es bastante notorio que, aun en artículos que caracterizan de manera general el campo de la nanotecnología y sus aplicaciones, estas revistas ponen el acento en mostrar avances concretos, presentando productos que ya están en el mercado, o relacionando investigaciones con futuras aplicaciones. Solamente el diario publicó artículos com-

Cuadro 2. Principal asunto abordado en los artículos sobre nanotecnología en los medios analizados, 2002-2007

Asuntos tratados en los artículos	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Información general sobre nanotecnología y sus aplicaciones	2	4	2	2	1	3
Relatos de investigaciones extranjeras	20	0	0	0	2	0
Relatos de investigaciones brasileñas	8	0	0	0	0	0
Políticas de C&T y financiamiento en Brasil	6	0	0	0	0	0
Riesgos e implicaciones económicas, sociales, legales y éticas de las nanotecnologías	10	1	0	0	0	1
Empresas, productos y mercados	2	0	0	0	3	2
Otros	1	0	0	0	0	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

pletamente dedicados a exponer investigaciones nacionales o a informar sobre las políticas y condiciones para el desarrollo de la nanotecnología en Brasil. Sin embargo, aunque el foco general del artículo sea otro, es frecuente la inclusión de opiniones y perspectivas de científicos nacionales en todos los medios considerados.

Los artículos analizados son presentados con un lenguaje claro, utilizando con frecuencia recursos didácticos como cuadros explicativos o esquemas. Suelen incorporar fotografías llamativas, algunas para reforzar la realidad de la nanotecnología mediante imágenes de productos cotidianos, como refrigeradores o cosméticos que incorporan esta tecnología y ya están disponibles en el mercado, y otras de tono más futurista, como pequeños robots que transitan entre células sanguíneas.

Aunque ocasionalmente *Folha de S. Paulo* reproduzca textos tomados de otros diarios o revistas, los artículos analizados son escritos mayormente por periodistas de los propios medios especializados, en su práctica profesional, en asuntos de ciencia y tecnología.⁹ Estos periodistas recurren preponderantemente a los científicos extranjeros como fuentes de información, sea directamente, mediante entrevistas o a través de sus publicaciones, y en segundo lugar a los científicos nacionales. Mientras el diario se basa casi exclusivamente en fuentes científicas, las revistas de divulgación y semanales hacen uso de fuentes más diversificadas, incluyendo fuentes no científicas como ONG, activistas o políticos que expresan opiniones sobre nanotecnología, y empresas, al presentar productos con nanotecnologías que están en el mercado (cuadro 3).

La forma más común de presentar la nanotecnología al público es haciendo referencia a la escala nano, como manipulación de átomos y moléculas en escala de 1 a 100 nanómetros (cf. cuadro 4). Mediante comparaciones, dibujos y metáforas, los periodistas ayudan al lector a situarse en una escala tan pequeña. Esta definición es, por cierto, muy genérica. Menos frecuente y más específica es la definición de nanotecnología como construcción de materiales, máquinas y dispositivos en escala molecular. La definición más radical propuesta por Eric Drexler (1986), que concibe la nanotecnología como manufactura molecular, está prácticamente ausente en el conjunto de artículos. En un estudio previo de la información sobre nanotecnología en la *Folha de S. Paulo*, Amorim (2008) ya había verificado la desaparición paulatina de esta definición que, como veremos más adelante, convoca la polémica, prefiriéndose definiciones más formales, centradas en la escala. Como puede observarse en el cuadro 4, muchos artículos de *Folha de S. Paulo* no contenían una definición de nanotecnología. Ello responde a la modalidad ya señalada de presentar avances de investigación en campos específicos, en los que la nanotecnología ya se asume como algo conocido por el lector.

⁹ Ello no implica que todos tengan una formación académica en periodismo científico o en divulgación científica.

Cuadro 3. Fuentes utilizadas en los artículos sobre nanotecnología en los medios analizados, 2002-2007

Fuentes de información utilizadas en los artículos	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Investigadores brasileños	18	4	1	2	2	2
Investigadores extranjeros	29	2	2	2	2	4
Agencias de C&T del gobierno	1	0	0	0	0	0
ONG, público, activistas, políticos	6	1	1	1	0	2
Empresas	1	0	1	1	1	3
No especificado	1	1	0	0	0	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Nota: Puede constar más de una fuente para cada artículo.

Cuadro 4. Definición de nanotecnología ofrecida en los medios analizados, 2002-2007

Definición de nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Manipulación átomos y moléculas en escala de 1-100 nm	11	2	1	2	2	6
Construcción de materiales, máquinas y dispositivos del tamaño de moléculas	11	3	1	0	1	0
No específica	27	0	0	0	1	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Esa especificidad de los artículos del diario también explica que la nanotecnología sea más frecuentemente descrita como ciencia de punta o nueva tecnología, en la medida en que se presentan los últimos avances en áreas de investigación puntuales, mientras que las revistas de divulgación y semanales, al considerar de forma más amplia la nanotecnología y sus aplicaciones, tienden a caracterizarla como revolución tecnológica (cuadro 5). Ello se manifiesta también en los titulares más austeros del diario, que indican un acompañamiento de la ciencia paso a paso, frente a los títulos más provocativos de las revistas, que buscan captar la atención del lector denotando una revolución tecnológica.

Cuadro 5. Presentación de la nanotecnología ofrecida en los medios analizados, 2002-2007

Presentación de la nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de Divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Revolución tecnológica (ruptura de paradigmas, revolución industrial...)	6	4	2	2	1	3
Ciencia y tecnología de punta, nueva tecnología	30	1	0	0	3	3
No específica	13	0	0	0	0	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

VISIONES SOBRE LA FUTURA SOCIEDAD NANOTECNOLÓGICA

Al presentar la nanotecnología como un campo revolucionario, o como ciencia y tecnología de punta, al enfatizar su potencial de desarrollo futuro, al mostrar figuras y fotografías de artefactos futuristas y al comparar investigaciones con tramas de ciencia ficción, los artículos no se limitan a presentar *solamente* avances científicos y tecnológicos. Exponen *visiones* sobre la futura sociedad nanotecnológica y, a veces, nos llevan a pensar que ya estamos adentrándonos en ese futuro. Usamos el término visiones para designar, de acuerdo con Grundwald (2004: 53), aquellas perspectivas de medio y largo plazo que surgen asociadas a la emergencia de nuevos campos científico-tecnológicos. Tales visiones se desdoblán en un abanico desde las

llamadas *guiding visions*, próximas a desarrollos tecnológicos concretos, no realizados aún pero con buena evidencia de que son realizables, hasta las visiones utópicas (o distópicas), de carácter más especulativo e inclusive próximas a la ciencia ficción, que no cuentan con evidencias sobre la posibilidad de su realización. Así, las visiones no describen hechos, pero tampoco son puras ficciones. Son, en realidad, híbridos entre hechos y ficciones que, además de contenidos cognitivos, están preñadas de intereses, valores, ideologías y concepciones sobre la relación ciencia, tecnología y sociedad. Por ello, como argumenta Grundwald (2004: 59), las visiones del futuro tecnocientífico son revolucionarias no solamente en un sentido tecnológico, sino también en términos sociales y culturales.

Cuando emerge un nuevo campo de investigación, las visiones de futuro, portando una serie de promesas, se orientan a demarcar y legitimar el campo, asegurar su financiamiento, ganar apoyo público y, naturalmente, influenciar el curso de desarrollo de las propias trayectorias tecnológicas. Estas visiones surgen y se difunden entre los propios científicos y los formuladores de políticas de investigación, y son retomadas y divulgadas por los medios de comunicación.

Entretanto, las visiones de progreso tecnocientífico también generan críticas y debate público, alimentadas por percepciones o evidencias sobre posibles riesgos o por temores frente a transformaciones en los modos de vida asociados a las nuevas tecnologías. Surgen, a veces, visiones distópicas. En las últimas décadas, actitudes públicas de resistencia se han contrapuesto a tecnologías poderosas como la nuclear, los alimentos genéticamente modificados (OGM) y la manipulación genética humana. En el caso de la nanotecnología, los debates sobre sus riesgos para la salud y el ambiente y sus implicaciones económicas, sociales y éticas comenzó tempranamente, particularmente en Europa y Estados Unidos (Wood *et al.*, 2003; Moor y Weckert, 2004; Salamanca Buentello, 2005; Invernizzi y Foladori, 2005; Meridian Institute, 2005, 2007; Unesco, 2006, 2007). Algunas organizaciones ambientalistas de consumidores y de trabajadores vienen participando activamente en este debate.

De esta forma, identificamos tanto visiones movilizadas en el sentido de crear aceptación pública de la nanotecnología y apoyo para el desarrollo de la investigación, como visiones que promueven la resistencia a estas tecnologías, o reivindican un desarrollo diferente de las mismas, o exigen que se tomen medidas preventivas o compensatorias para enfrentar los problemas o riesgos sociales asociados a su desarrollo. En la medida que la información brindada por los medios es un factor decisivo en la toma de posición de las personas y grupos sociales sobre la nanotecnología, consideramos relevante analizar las visiones sobre nanotecnología que están siendo difundidas a través de ellos y sus posibles divergencias y contradicciones. Fiedeler *et al.* (2005) proponen evaluar las visiones como parte de la evaluación de tecnologías, pues ello nos permite poner en evidencia

los fundamentos, valores e intereses subyacentes a las visiones y entender su influencia en la dinámica de los debates sociales sobre la ciencia y la tecnología.

Comenzaremos analizando las visiones que presenta la nanotecnología como desencadenadora de mayor bienestar social, asociándola a una serie de beneficios. Luego, en la segunda parte de esta sección, analizaremos en qué medida tales visiones son problematizadas en los artículos, indagando si señalan posibles riesgos asociados a estas tecnologías y si se revisan sus implicaciones económicas, sociales y éticas.

LAS PROMESAS DE LA NANOTECNOLOGÍA

Los artículos nos presentan un futuro –y a veces ya un presente– en el que los productos y los materiales serán mucho más eficientes, como resultado de la explotación de las propiedades particulares que la materia exhibe en nanoescala. Casi con la misma intensidad, se destaca su capacidad para mejorar las condiciones de salud y la calidad de vida, fruto de los avances en el diagnóstico, tratamiento de enfermedades y en la industria farmacéutica. Desarrollo económico y preservación del medio ambiente son otras de las promesas de las nanotecnologías que aparecen en los artículos (cuadro 6).

Cuadro 6. Beneficios de la nanotecnología según los medios analizados, 2002-2007

Beneficios de la nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Artículos que abordan el asunto	35	4	2	2	4	5
Productos y materiales más eficientes	17	3	2	2	3	5
Salud y calidad de vida	13	3	2	2	3	4
Desarrollo económico, competitividad	8	1	1	2	0	2
Preservación del ambiente	4	1	2	2	1	1
Otros	2	1	0	0	0	1
Artículos que no abordan el asunto	14	1	0	0	0	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Nota: Más de un beneficio puede ser mencionado en cada artículo.

Las aplicaciones de la nanotecnología cruzan los más diversos sectores productivos. Informática, medicina y materiales son las áreas más citadas como ejemplos de los avances de la nanotecnología en el conjunto de los medios (cuadro 7).

Veamos algunos ejemplos de las visiones sobre nanotecnología expuestas en la prensa analizada. La siguiente presentación de los beneficios de la nanotecnología proviene del párrafo inicial de un artículo de la revista *Super Interessante*:

Llegará un día en que un cartel en la calle podrá ser un televisor de alta definición. Los autos serán económicos, tendrán una pintura que nunca se raya, vidrios que se limpian solos y cambian de color de acuerdo con el ambiente. Usted podrá curar un cáncer de piel con una simple servilleta y andar con ropas que no se manchan. Todo eso acontecerá un día. Y ese día es la próxima semana (“La nanotecnología está en la calle. Usted no lo consigue ver, pero productos microscópicos están difundándose por el mundo, revolucionando todo a su alrededor”, *Super Interessante*, N° 215, julio de 2005, p. 54).

El texto destaca la eficiencia de nuevos productos que comienzan a aparecer en los mercados. Entre autos con vidrios que repelen el polvo y pinturas que se autopreservan, se cuele la reducción simplista de la cura del cáncer de piel “con una simple servilleta”. Estos nuevos productos –se nos dice– harán mucho más fácil y segura nuestra vida diaria, pues son objetos inteligentes. Los textiles, por ejemplo, serán mucho más que meras telas y ropas: reducirán nuestro trabajo de lavarlas, secarlas y plancharlas, nos protegerán permanentemente de la contaminación por hongos y bacterias y serán capaces de “tomar decisiones” por nosotros, como avisarnos cuando hemos absorbido mucha radiación solar o suministrarnos un remedio, tal como sugieren los párrafos siguientes:

Después de la tela que no se arruga y resiste a la suciedad, llega la camiseta que no huele mal aun después de un largo y sudoroso día de trabajo (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 27).

[bikini confeccionado con] tela sensible al calor cambia de color cuando la exposición al sol pasó del punto saludable para su dueña (“Rumbo al nanobikini. La tecnología es la estrella de los desfiles. Ahora solo falta el bikini que avisa la hora de ir para la sombra”, *Época*, N° 421, 10 de junio de 2006, p. 83).

[...] tela con cápsulas hidratantes que se rompen con el movimiento del cuerpo... Algunas funcionan como dosificadoras de remedios. En vez de hidratante, cargan insulina, para el tratamiento de diabetes, o sustancias relajantes para activar la

Cuadro 7. Sectores que incorporan nanotecnología más citados en los medios analizados, 2002-2007

Sectores que incorporan nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Artículos que abordan el asunto	38	5	2	2	4	6
Informática	18	3	2	2	1	0
Medicina / fármacos	17	4	2	2	2	3
Nuevos materiales	11	1	2	2	1	2
Dispositivos (catalizadores, sensores, semiconductores)	7	0	0	0	0	1
Cosméticos	2	1	0	2	1	4
Agricultura y agroindustria	3	2	0	2		2
Productos de consumo con nuevas funciones o más eficientes	0	2	2	1	2	4
Reversión del daño ambiental	2	1	2	1	0	1
Producción y almacenamiento de energía	2	1	2	0	1	1
Alimentos	2	0	1	1	0	1
Textil y vestimenta	2	1	1	2	0	3
Automovilística	0	1	0	0	1	1
Militar	2	2	1	1	0	0
Material deportivo	0	0	0	0	0	3
Artículos que no abordan el asunto	11	0	0	0	0	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Nota: Más de un área de aplicación puede ser mencionada en cada artículo. Áreas mencionadas menos de tres veces fueron eliminadas de la tabla.

circulación en el cuerpo y combatir el estrés (“Abracadabra. Al crear productos más resistentes que el acero y miles de veces menores que un cabello, la nanotecnología inaugura la era de los objetos inteligentes y de los remedios que viajan por el cuerpo”, *Isto É*, N° 1797, 17 de marzo de 2004, p. 72).

[...] manipulación de fibras para que [las ropas] sean más o menos hidrofílicas [...] lo que podría producir, por ejemplo, ropas más fáciles de secar. [Existe también] la posibilidad de crear telas que liberen sustancias antibacterianas o fungicidas (“Nanotecnología. Aplicaciones incluyen ropa antiséptica. USP e industria firman acuerdo para hacer tela ‘indesteñible””, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, 2 de agosto de 2005, p. A 18).

También se destacan otros productos para la vida diaria, como las casas autosustentables, con vidrios, paredes y tejas que almacenan energía solar; los autos cuya chapa nunca precisa ser lavada, ni pulida o arreglada; los embalajes de alimentos que cambian de color cuando su contenido se pudre y los electrodomésticos que matan bacterias y gérmenes.

Además de apelar a una vida cotidiana facilitada, los medios recurren con gran insistencia al tema de la salud, a la lucha permanente contra la enfermedad, lucha que la nanotecnología parece finalmente vencer. La visión de futuro más citada en los artículos analizados –y también en medios de otros países (Losch, 2008)– es la de nanorrobots que monitorearán nuestros cuerpos viajando por el sistema sanguíneo, estarán alertas para detectar enfermedades antes de que se manifiesten, las combatirán liberando medicamentos en las células afectadas y serán capaces de reparar daños a nivel celular, incluso en el sistema nervioso, y corregir alteraciones genéticas. Se trata de una visión de control del cuerpo por la tecnología con una eficiencia sin precedentes para liberarnos de las enfermedades. Más aún, la nanotecnología nos posibilitará revertir los procesos naturales de envejecimiento en la medida que las células podrían repararse de su desgaste. Acabar con la enfermedad es, sin duda, una visión con la que el público tiende a simpatizar, y es permanentemente utilizada en la investigación biomédica, como se puede notar en el reciente debate sobre el uso de células tronco para investigación (Korbes, 2008; Souza, 2008), o en la información pública que acompañó al proyecto Genoma Humano (Leite, 2006). En varios artículos, las visiones sobre los nanorrobots son introducidas a partir de relatos de ciencia ficción, reforzando que se está avanzando en fronteras de la ciencia que parecían lejanas o inalcanzables, como en el caso siguiente:

En la película *Viaje Insólito* (1987), un vehículo conducido por un oficial de la Marina (Dennis Quaid) es reducido al tamaño de una molécula y avanza, accidentalmente, dentro del cuerpo de un hipocondríaco (Martin Short). Hace

menos de veinte años, navegar por la corriente sanguínea era cosa de cine, pero recientes investigaciones muestran que la creación de nanorrobots, aptos para circular por el cuerpo humano, está más próxima de tornarse realidad. Un grupo de la Universidad Rice, en Estados Unidos, liderado por el químico James Tour, produjo el primer vehículo motorizado del tamaño de una molécula. Llamado nanocoche, mide apenas 4 nanómetros de largo. En fila, 20 mil de ellos tendrían el espesor medio de un cabello. El autito tiene un chasis y cuatro ejes. En vez de ruedas, exhibe moléculas de un compuesto formado por carbono, hidrógeno y boro. El vehículo es movido a luz. Cuando es tocado por una emisión luminosa, el motor gira y lo impulsa. “La construcción es realizada desde abajo para arriba, molécula por molécula, como todo lo que existe en la naturaleza, desde un árbol hasta una ballena”, dice Tour (“Nanotecnología. La inmersión en un mundo invisible. Investigaciones realizadas en escala millones de veces menor que un alfiler generan la primera onda de productos”, *Véja*, Edición Especial Tecnología, 2006, p. 16.).

No solo se destaca la proeza de la miniaturización, a través del control de la materia a nivel de átomos y moléculas, sino también la versatilidad y precisión que estos nanorrobots tendrían para enfrentar varias disfunciones del organismo. La enfermedad sería curada a partir de sus bases, las células con disfunciones y los genes con defectos:

Muchas tecnologías van a encoger de manera absurda. Al punto de poder imaginarse [...] un submarino tan minúsculo que podría entrar en las células y, allí adentro, corregir defectos genéticos y otros desarreglos perjudiciales para la salud (“Brasil lanza programa para aprender a construir máquinas del tamaño de moléculas”, *Galileu*, N° 129, abril de 2002, p. 49).

Imagine un ejército de robots con proporciones microscópicas entrando en su cuerpo para atacar células cancerosas, destruir bacterias y virus, insertar medicamentos en células específicas, desobstruir arterias y realizar cirugías mínimamente invasivas (“Médicos microscópicos”, *Galileu*, N° 161, diciembre de 2004, p. 69).

[...] el ejemplo más impresionante es el nanorrobot. Inyectado en la corriente sanguínea del paciente, recorre sus entrañas y modifica uno o más genes para que el propio organismo reaccione ante la enfermedad. O medica directamente las células enfermas, sin comprometer las saludables [...] (“Universo en miniatura. Nueva frontera del conocimiento, la nanotecnología debe mover US\$ 1,3 trillones en la próxima década y tener impacto en todos los campos de la industria y de la vida moderna”, *Isto É*, N° 1865, 13 de julio de 2005, p. 88).

[...] en un accidente vascular cerebral, por ejemplo, [el nanorrobot] podría ir hasta el lugar de la ruptura del vaso y, literalmente, remendar la arteria dañada

con una especie de cola, conteniendo el derrame. (“Pequeñas grandes invenciones. Desde robots que pueden recorrer arterias a nanopartículas capaces de detectar y destruir tumores, así camina el futuro de la medicina diagnóstica”, *Veja*, N° 2.034, 14 de noviembre de 2007)

A pesar del recurrente uso del ejemplo de los nanorrobots, los artículos no establecen claramente cuál es su viabilidad. Los sistemas de entrega de drogas dirigidos puntualmente a las células afectadas, reduciendo efectos colaterales y aumentando la eficiencia del medicamento son otra de las promesas más comunes en estos textos. Se trata de una de las funciones que asumirían los nanorrobots, pero otros sistemas de entrega son presentados como investigaciones próximas de la aplicación y ya en fase de experimentación con animales.

Al referirse a aplicaciones médicas, no faltan en los artículos frases de efecto como presentar la nanotecnología como “esperanza para el tratamiento de enfermedades devastadoras como cáncer y sida” (“Cuanto menor, mejor. En los próximos años, será difícil pasar un solo día sin toparse con productos de la nanotecnología: desde los autos a los remedios y cosméticos”, *Época*, N° 345, 27 de diciembre de 2004, p. 68), o “creación de nanopartículas para reparar las neuronas dañadas por traumas, derrames o enfermedades degenerativas como el mal de Parkinson” (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 29). Reforzando la capacidad de la nanotecnología para prevenir (¿eliminar?) la enfermedad, un artículo anuncia: “La agencia espacial norteamericana Nasa invierte en técnicas de nanotecnología para curar a los astronautas inclusive *antes* de que se enfermen” (“Universo en miniatura. Nueva frontera del conocimiento, la nanotecnología debe mover US\$ 1,3 trillones en la próxima década y tener impactos en todos los campos de la industria y de la vida moderna”, *Isto É*, N° 1865, 13 de julio de 2005, p. 71).

Los artículos también dedican mucha atención a los avances en el campo de la informática. Atribuyen a la nanotecnología la posibilidad de mantener vigente la llamada Ley de Moore, según la cual el número de transistores en un chip dobla cada 18 meses. Esta “ley” está en riesgo por los límites encontrados en las tecnologías basadas en el silicio. Como resultado de la confluencia de materiales y procesos orgánicos e inorgánicos y de la explotación de propiedades de los electrones (la spintrónica), los computadores serán velocísimos, poderosísimos y, claro, cada vez más chicos:

[...] en la electrónica la revolución será avasalladora. En lugar de computadores que caben en la palma de la mano, la tendencia son los chips un millón de veces

menores que el chip de hoy. Eso multiplica por mil la capacidad de procesamiento de las máquinas actuales (“Universo en miniatura. Nueva frontera del conocimiento, la nanotecnología debe mover US\$ 1,3 trillones en la próxima década y tener impacto en todos los campos de la industria y de la vida moderna”, *Isto É*, N° 1797, 17 de marzo de 2004, pp. 73-74).

El menor computador del mundo no precisa más ni una pila para funcionar, el procesador es uno de los más antiguos que existen: el ADN. La destrucción de la propia molécula de ADN en proceso genera la energía para la computación, dispensando otro combustible (“Computador de DNA funciona sin pila”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, 7 de marzo de 2003, p. A12).

[...] desarrollo de los llamados computadores cuánticos, más rápidos y potentes que los convencionales. [...] La idea es que en el futuro átomos individuales puedan sustituir partes de componentes electrónicos, como transistores (“Área llevará a revolución tecnológica, dice vencedor”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, 5 de octubre de 2005, p. A18).

¡Gastar una molécula entera para guardar datos es desperdicio! Científicos ya vislumbran la spintrónica, en que cada electrón guardaría datos. De acuerdo con el lado para el que [el electrón] gira, podría indicar los números 0 o 1 (“Nanotecnología está en la calle. Usted no consigue verla, pero productos microscópicos están propagándose por el mundo, revolucionando todo a su alrededor”, *Super Interesante* N° 215, julio de 2005, p. 58).

En un número especial sobre tecnología, la revista *Veja* expresa dramáticamente algo que está muy presente en los artículos: no parece haber límites para las innovaciones en el campo de la nanotecnología. Bajo el subtítulo “La nueva odisea”, la nanotecnología se presenta como: “La jornada del hombre rumbo al átomo [que] abre un universo de descubrimientos tan vasto como el creado por la conquista del espacio” (“Nanotecnología. La inmersión en un mundo invisible. Investigaciones realizadas en escala millones de veces menor que un alfiler generan la primera onda de productos”, *Veja*, Edición Especial Tecnología, 2006, p. 22). En un artículo de la revista *Época* se cita un investigador que afirma: “La capacidad de manipulación de la materia en escala atómica permitirá innovaciones que serán limitadas solamente por nuestra imaginación, con beneficios incalculables para la humanidad” (“Cuanto menor, mejor. En los próximos años, será difícil pasar un solo día sin toparse con productos de la nanotecnología: desde los autos a los remedios y cosméticos”, *Época*, N° 345, 27 de diciembre de 2004, p. 68).

Encontramos algunas ambigüedades en los artículos al situar temporalmente tales promesas de la nanotecnología. En el diario *Folha de S. Paulo*, por ejemplo, suele haber una delimitación temporal más clara, pero en la mayoría se enfatiza

la vitalidad actual de la investigación en el área, y se sitúan las aplicaciones concretas (y las promesas) en el futuro, tendiendo a no señalarse plazos específicos. En las revistas *Veja* y *Época* es más común presentar la nanotecnología como algo que ya comenzó a desarrollarse o cuyo impulso es inminente, trazando un continuo entre los productos bastante mundanos que ya están disponibles en el mercado, que incorporan nanotecnología como innovaciones incrementales, y las promesas futuristas más osadas. En una situación intermediaria se hallan *Galileu* y *Super Interessante* (cuadros 8 y 9).

Más allá de la ubicación temporal explícita, que no siempre es realizada en los artículos, encontramos formas subrepticias de introducir al lector en determinados marcos temporales, que tienden a fomentar la idea de un rápido avance de la nanotecnología. Así ocurre, por ejemplo, cuando se busca causar una fuerte impresión en el lector sobre tal avance destacando realizaciones futuristas que luego, en el desarrollo del contenido del texto, son caracterizadas como investigaciones que están aún muy lejanas de transformarse en productos o tratamientos disponibles, y no hay certeza de que lo sean. Por ejemplo, en el artículo “Nanotecnología. Química quiere crear manufactura celular. Robots de DNA ya caminan sobre dos piernas sobre un riel especial” (*Folha de S. Paulo*, Ciencia, 10 de mayo de 2004, p. A13) se relata la creación de un bípedo con piernas de 10 nanómetros construido con fragmentos de ADN en la Universidad de Nueva York. El nanocaminante es presentado como la primera tentativa exitosa de crear máquinas moleculares, conduciendo al lector a las perspectivas más radicales de desarrollo de la nanotecnología. Luego, el artículo relativiza el avance, situando la manufactura molecular como una esperanza futura incierta: “[...] los investigadores tienen la esperanza de que un día las células puedan ser programadas para manufacturar esas máquinas basadas en el ADN” (*idem*).

En la revista *Galileu* (N° 129, abril de 2002, p. 49), la investigación brasileña en nanotecnología es colocada en el contexto de realizaciones futuristas cuando se anuncia en el titular “Brasil lanza programa para aprender a construir máquinas del tamaño de moléculas”. El artículo comienza explicando qué es la nanotecnología, informa que Brasil está promoviendo la investigación en este campo, e indica una serie de aplicaciones en la producción industrial, la medicina, la agricultura y la protección ambiental. Mientras en entrevistas a científicos locales se destaca el carácter incipiente de la organización de la investigación en nanotecnología en el país y los pocos recursos, los destacados y fotografías del artículo presentan visiones futuristas, como estas: “Nanomotores y nanosubmarinos tan pequeños que podrán navegar en el interior de las células y reparar genes”, “Ejército interno. Nanorrobots podrán cazar virus en las arterias”, “En los delirios de la ficción científica, aparatos de radio se vuelven tan pequeños que se confunden con polvo”.

Cuadro 8. Horizontes temporales para el desarrollo de la nanotecnología según los medios analizados, 2002-2007

Temporalidad del desarrollo de la nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Artículos que abordan el asunto	32	5	2	2	4	5
El desarrollo de la nanotecnología ya comenzó	7	0	1	1	2	3
Desarrollo en el futuro inmediato (próximos 10 años)	1	2	0	1	2	2
Desarrollo a medio y largo plazos (más de 10 años)	3	1	1	0	0	0
Desarrollo futuro, sin especificar	21	2	0	0	0	1
Artículos que no abordan el asunto	17	0	0	0	0	1
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Cuadro 9. Estado de desarrollo de la nanotecnología según los medios analizados, 2002-2007

Etapa en el desarrollo de la nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Artículos que abordan el asunto	43	5	2	2	4	6
Investigaciones en proceso	41	5	2	2	2	5
Prototipos/insumos que pueden ser utilizados por la industria	3	0	0	2	0	0
Productos ya disponibles en el mercado	5	2	1	2	3	5
Artículos que no abordan el asunto	6	0	0	0	0	0
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Nota: Más de una situación puede ser mencionada en cada artículo.

Super Interessante subraya que la nanotecnología ya está en nuestro cotidiano en el artículo “Nanotecnología está en la calle. Usted no consigue verla, pero productos microscópicos están propagándose por el mundo, revolucionando todo a su alrededor” (*Super Interessante*, N° 215, julio de 2005, p. 58). Se trata de un artículo muy didáctico que, a partir de varias fuentes, muestra una serie de cuadros con ejemplos de productos de la nanotecnología que ya están disponibles en el mercado y otros que vendrán en el futuro. Esta distinción está muy clara en los cuadros, separando “lo que ya existe” de “lo que viene”. El título de cada cuadro, sin embargo, da la idea de que todos los ejemplos son algo ya corriente: “Su casa: productos que duran”, “Automóviles, totalmente sin ralladuras” (en portugués, *sem riscos*, que indica al mismo tiempo, sin ralladuras y sin riesgos), “Farmacia: remedios que van directo al objetivo”, “Medicina, la cura en una partícula”, “Medio ambiente, salvando el mundo una molécula por vez”, “Electrónicos: átomos expertos”, “Arquitectura: edificios bien educados”, “Moda: converse con su bufanda”.

La ambigüedad temporal también ocurre por la forma en que se usan los tiempos verbales en los titulares y en el contenido. En un artículo de *Folha de S. Paulo*, bajo el título “Nanoimanes contienen derramamiento de petróleo” (18 de mayo de 2002, p. A14), se presenta una investigación realizada en la Universidad de Brasilia con el propósito de desarrollar un nanocompuesto para retirar el petróleo derramado en el mar. El titular, que surge unos días después de un desastre ecológico por derramamiento de petróleo en Angra dos Reis, sugiere un hecho efectivamente ocurrido, mientras el contenido del artículo nos dice que la investigación está aún en fase de conclusión. De esta forma, se resalta una potencial aplicación de la nanotecnología vinculándola a la menor eficiencia de los métodos realmente utilizados para contener el derrame ocurrido.

En muchos otros artículos, aunque se establezca claramente que se están presentando investigaciones en proceso, prevalece la idea de inmediatez de los resultados frente al trabajoso y lento proceso de investigación. En parte, tales ambigüedades en el establecimiento de marcos temporales para el desarrollo de la nanotecnología pueden ser vistas como recursos periodísticos para captar la atención del lector. Sin embargo, también se trata de una transposición, con frecuencia exacerbada, de las visiones desencadenadas en el campo científico sobre las promesas de las nanotecnologías para los medios de comunicación.

CONTROVERSIAS Y DEBATES: RIESGOS E IMPLICACIONES DE LAS NANOTECNOLOGÍAS

El desarrollo de la nanotecnología ha estado permeado por un debate interno y un debate externo. El primero se refiere al debate entre científicos que proponen

diversos enfoques, alcances y posibilidades de este campo, claramente expuesto en la controversia Drexler-Smalley (Reising, en este volumen; Selin, 2007; Bensaude-Vincent, 2004). Una nueva controversia parece estar delineándose actualmente en torno a los riesgos de la nanotecnología (Barras, 2008; Maynard, 2007; Kulinowski, 2004). Además, la nanotecnología se vio envuelta muy rápidamente en un debate externo incluyendo actores sociales como ONG y activistas. Este debate externo es tributario, por un lado, del debate interno, en la medida en que las visiones de Drexler sobre nanotecnología lanzaron a la arena pública asuntos como las implicaciones sociales de estas tecnologías y sus riesgos. Fue particularmente difundido su oscuro escenario de la plaga gris (*grey goo*), formada por nanorrobots autorreplicantes que escapan al control humano y cubren el planeta. El polémico artículo de Bill Joy, fundador de Sun Microsystems, publicado en la revista *Wired* en 2000 con el título “Por qué el futuro no nos necesita”, reforzó esta visión, y es considerado algo así como un manifiesto distópico.¹⁰ Fue también ampliamente difundido al público general a través de la novela *Presa*, de Michael Crichton, que desarrolla ese motivo en un *techno-thriller* traducido a varias lenguas. Por otro lado, este debate público resulta de un proceso histórico de creciente preocupación social con las implicaciones y riesgos de las tecnologías que se torna cada vez más evidente a partir de los años 1960-1970 y que llega, a finales de la década de 1990, a tomar gran relevancia con el conflicto en torno a la biotecnología (Jassanoff, 2005; Cutcliffe, 2003; Durant, 1999).

Comencemos examinando la expresión de las controversias internas en los artículos analizados. Llama la atención que ninguno presenta el debate entre Drexler y Smalley a propósito de la viabilidad de la manufactura molecular. Drexler, mientras tanto, tiene la palabra directamente en dos entrevistas. *Super Interessante* (N° 205, octubre de 2004) publicó una entrevista bastante extensa titulada “El futuro es invisible”. El encabezado presenta a Eric Drexler como el hombre que inventó la nanotecnología y que está insatisfecho con los rumbos que su idea tomó. Drexler explica su visión de nanotecnología como un nuevo y revolucionario proceso de producción a través de montadores moleculares, y la contrapone con lo que hoy se denomina nanotecnología en los laboratorios: productos o materiales que contienen piezas en la escala nanométrica. Drexler enfatiza la viabilidad de la nanotecnología molecular, pero sin referirse a quienes la han cuestionado. Según él, estaría operando dentro de dos décadas. Al final de la entrevista, el científico lamenta el énfasis exagerado dado a los nanorrobots fuera de control, diciendo que tal escenario tenía la función de mostrar, en su

¹⁰ En *Folha de S. Paulo*, un artículo de Marcelo Gleiser comenta que la revista *Scientific American* llamó “tecnocínicos” a Joy y otros científicos preocupados por los rumbos de la ciencia (“Censurando a pesquiza”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, Caderno Mais!, 30 de marzo de 2003).

libro *Engines of Creation* (1986), que toda tecnología, además de beneficios, conlleva potenciales problemas.

En una edición especial sobre tecnología, publicada en 2006, la revista *Veja* presenta una breve entrevista a Drexler, titulada “Basta de perder tiempo con tonterías”. En ella expone el potencial de la nanotecnología como nuevo sistema de producción, inclusive para países en desarrollo. Al final, enfatiza la necesidad de que personas razonablemente neutras evalúen el camino de los cambios tecnológicos, para evitar resistencias sociales infundadas o ideológicas.

La ausencia de referencias explícitas a esta controversia científica en la información pública traduce, en cierta medida, la actual relación de fuerzas en ese debate, que fue alineando los científicos (y también la política de nanotecnología) en una posición que relega los argumentos de Drexler como una perspectiva no realista (Selin, 2007). Sin embargo, ha sido difícil eliminar el legado de la imagen apocalíptica de Drexler sobre la plaga gris, que se ha convertido en la distopía más común en relación con la nanotecnología. Así, el autor de las promesas más radicales sobre nanotecnología, aparece en la información pública mucho más asociado a los escenarios más pesimistas. Una docena de artículos dialogan con la pesadilla de los nanorrobots autorreplicantes de diversas formas. Una de esas formas es conjurar este escenario como irrealista, al tiempo que se demarca el terreno de la “nanotecnología real”. Por ejemplo, en un artículo de la *Folha de S. Paulo*, al tratar de las investigaciones nacionales, se deslinda el campo de la nanotecnología, separándola de los “delirios futuristas”:

Aunque las menciones a la nanotecnología puedan conjurar en la cabeza de las personas delirios futuristas sobre robots minúsculos e inteligentes, la meta del emprendimiento nacional es más modesto. La Embrapa [Empresa Brasileña de Investigaciones Agrícolas] ya consiguió avances como nuevos materiales [...] (“Materiales: Laboratorio inaugurado ayer busca generar productos para el agro-negocio. Embrapa destina R\$ 4 millones a la nanotecnología”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, 18 de abril de 2006, p. A14).

En otro artículo, el investigador Oswaldo Luiz Alves, de la Universidad Estatal de Campinas, probablemente el investigador brasileño que más claramente expone al público la necesidad de investigar los riesgos de la nanotecnología, separa tajantemente la nanotecnología “real” (y también los riesgos plausibles) de la plaga gris, cuando responde al periodista que habla de máquinas autorreproductoras descontroladas:

No, si va a hablar de eso, Ud. necesita buscar otra persona [...] Yo puedo hablar

sobre la nanotecnología del mundo real, que ya está ahí, transformando empresas y generando nuevos productos (“Nanotecnología. Ella está entre nosotros”. *Galileu*, N° 194, septiembre de 2007, p. 52).

Colocar las ideas drexelianas en el plano de la ciencia ficción, aludiendo la novela de Michael Crichton, es otra forma de delimitar el terreno de la nanotecnología “real”:

En los delirios de la ficción científica, el futuro reservaría a la humanidad nanorrobots autorreplicantes que salen de control y amenazan envolver el mundo en una “plaga gris”. La idea de estos mecanismos, una previsión del físico Eric Drexler, es aprovechada en la novela *Presa* del escritor Michael Crichton [...] Una catástrofe de esas, sin embargo, sería altamente improbable, aun en un futuro distante (“Nanotecnología entre el bien y el mal”, *Galileu*, N° 146, septiembre de 2003, p. 73).

Más adelante analizaremos de qué forma comparecen los nanorrobots de Drexler en la información sobre riesgos de la nanotecnología presentada al público.

Abordemos ahora las alusiones a temas discutidos en el debate externo suscitado por las posibles implicaciones sociales y riesgos de las nanotecnologías. En primer lugar, es necesario identificar la importancia que tales aspectos recibieron en la información pública. Aunque los beneficios de la nanotecnología hayan sido, sin duda, mucho más resaltados que sus posibles riesgos e implicaciones económicas, sociales y éticas, los medios incluyeron, en distinta medida, informaciones sobre tales aspectos. En total, lo hicieron 22 artículos (cuadro 10). Notamos que cuanto más restringido es el artículo para noticiar investigaciones en un campo particular, menos incorpora estas dimensiones. Este es el tipo de artículos que predomina en la sección Ciencia de *Folha de S. Paulo*. En este diario, solamente 13 de los 49 artículos abordan algún aspecto vinculado a los riesgos o implicaciones económicas, sociales y éticas de las nanotecnologías. Percibimos también que los artículos que lo hacen son más frecuentes en la sección sobre ciencia que aparece en el prestigioso *Caderno Mais!* de los domingos, y particularmente en los escritos del periodista Marcelo Leite. Cuando los artículos son más amplios, presentando al lector diversos aspectos de este nuevo campo científico, tales cuestiones tienden a ser más incorporadas. Este perfil de artículo es más común en las revistas de divulgación y en dos de las revistas semanales. Obsérvese en el cuadro 10 que dos de los cinco artículos de *Galileu* tratan de los riesgos o implicaciones de la nanotecnología, así como los dos artículos de *Super Interessante*, uno de los dos publicados por *Isto É*, uno de los tres de *Veja* y tres de los seis publicados por *Época*.

Cuadro 10. Principales implicaciones económicas, sociales y éticas y potenciales riesgos de la nanotecnología según los medios analizados, 2002-2007

Implicaciones y riesgos de la nanotecnología	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Artículos que abordan el asunto	13	2	2	1	1	3
Riesgos a la salud y al ambiente	4	2	2	1	1	3
Transformaciones sociales	4	2	1	1	0	2
Transformaciones en la economía	0	0	0	0	0	3
Dilemas éticos	4	1	0	0	0	1
Mayor desigualdad social	0	0	0	1	0	1
El artículo no aborda el asunto	36	3	0	1	3	3
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

Nota: Más de una situación puede ser mencionada en cada artículo.

Los potenciales riesgos de las nanotecnologías para la salud y el ambiente fueron el asunto más tratado en todos los medios, seguido de las transformaciones sociales asociadas a estas tecnologías (cuadro 10). Las implicaciones económicas, los dilemas éticos y la desigualdad social fueron aspectos menos citados.

Los artículos que tratan las implicaciones y riesgos de la nanotecnología se concentraron en dos años en la *Folha de S. Paulo*: 2004 (5 entre 11 artículos) y 2007 (3 de 7 artículos). En *Galileu*, apareció un artículo en 2003, uno en 2004 y otro en 2007. En *Super Interessante*, uno en 2004 y otro en 2005. En las revistas semanales, uno por año entre 2004 y 2007; en *Isto É* uno en 2004 y uno en 2005, y en *Veja* solo un artículo en 2006. Así, encontramos cierta discontinuidad en la incorporación de estos temas. La mayor frecuencia de artículos en el conjunto ocurre en el año 2004, reflejando un momento de intensificación del debate sobre nanotecnologías a nivel internacional (Invernizzi, Foladori y Marclurcan, 2008).

En el conjunto de 22 artículos que tratan los riesgos e implicaciones económicas, sociales y éticas de las nanotecnologías podemos evaluar la importancia relativa dada a tales cuestiones observando si se trata de asuntos centrales o de menor importancia en los textos. Diez artículos de los 22 colocan la problemática de forma directa en los titulares, algunos de forma muy elocuente como, por

ejemplo: “Pánico real. Príncipe alerta contra la nanotecnología” (*Folha de S. Paulo*, Ciencia, 12 de julio de 2004, p. A11), “Los riesgos de la nanotecnología” (*Época*, N° 484, 27 de agosto de 2007, p. 63), “Nanotecnología entre el bien y el mal” (*Galileu*, N° 146, septiembre de 2003). Seis artículos realizan un destaque menor, refiriéndose al asunto en subtítulos, recuadros o diagramas. Finalmente, los seis restantes tratan el asunto en el texto, sin hacer ningún llamado de atención especial al lector. Catorce artículos otorgan gran importancia al tema, según el espacio destinado a él, siendo el argumento central o uno de los argumentos centrales del artículo. En otros ocho artículos el asunto aparece con importancia secundaria o inclusive marginalmente.

El tratamiento de los riesgos potenciales de las nanotecnologías aparece como un diálogo con el fantasma de los nanorrobots drexelianos. De esa forma, la controversia interna omitida reaparece al tratar un aspecto del debate externo, el que convoca mayores reacciones públicas. Los nanorrobots replicantes son una imagen fuerte, inclusive sensacionalista, de los posibles riesgos de la nanotecnología. Se hace, sin embargo, diversos usos de ella. Algunos artículos se refieren a los nanorrobots como metáfora, o como símbolo de los riesgos posibles, o aún, como la versión simplista de los riesgos que más fácilmente se prende en la opinión pública:

La nanotecnología, o pesquisa con dispositivos en la escala del millonésimo de milímetro (nanómetro), ha motivado algunas previsiones aterradoras, como la de nanorrobots autorreplicantes que llegasen a cubrir la tierra con una plaga gris. [...] La imagen tenebrosa se volvió un emblema de los posibles efectos no pretendidos de la nanotecnología. Escaldados por los innumerables problemas enfrentados por la industria nuclear y por la biotecnología, los investigadores del área están considerando seriamente este espanto. La Fundación Nacional para la Ciencia (NSF) de Estados Unidos, por ejemplo, ya organizó dos *workshops* para debatir “Efectos Sociales de la Nanociencia y la Nanotecnología” [...] (“La plaga de US\$ 3,7 bi.”, *Folha de S. Paulo*, Caderno Mais!, 4 de enero de 2004, p. 14).

En un artículo de *Folha de S. Paulo* titulado “La vuelta de la plaga gris”, el periodista Marcelo Leite llama a la plaga gris “idea infecciosa”, y que llegó a provocar fuertes reacciones en la opinión pública:

[La idea de la plaga gris, creada por Drexler y divulgada por la novela *Presas*] estaba provocando una reacción fuerte en la siempre débil opinión pública, con una abundante producción de anticuerpos hasta contra la idea general de la nanotecnología... Ya aparecida en el radar alérgico de los adversarios de la biotecnología, por ejemplo (*Folha de S. Paulo*, Caderno Mais!, 25 de julio de 2004, p. 18).

Leite comenta, en ese texto, que el propio Drexler, autor de la idea, decidió escribir un artículo aclarando que nunca ocurrirá tal plaga, y expone sus argumentos.

Al calificar esta amenaza como irreal, algunos artículos la contraponen con los riesgos reales, relatando evidencias provenientes de algunas investigaciones:

Presa – Robots consumen planeta. Eso es ficción científica, pero no todos creen que la nanotecnología sea segura. Eva Oberdorfer investiga con fullerenos, mostrando daños en membranas del cerebro de peces. [...] Científicos de la Universidad de Rice observan efectos tóxicos de fullerenos en células humanas. Entender los riesgos es importante para poder controlarlos, dice Kristen Kulinowski (“Nanopartícula puede ser tóxica, dice estudio”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, 28 de diciembre de 2004, p. A14, tomado de *The Independent*).

Si usted es de aquellos que temen los peligros involucrados en lo que se convenció en llamar nanotecnología, es bueno que se preocupe efectivamente, porque ella vino para quedarse. Y no es una cuestión de futuro. Productos nanotecnológicos ya están proliferando a nuestro alrededor [...] La buena noticia es que nadie necesita preocuparse –por los menos en el futuro más próximo– por la plaga gris [...] (“Nanotecnología. Ella está entre nosotros”, *Galileu*, N° 194, septiembre de 2007, p. 52).

Nanopartículas pueden traer riesgos ambientales y a la salud, indican estudios. El riesgo es controlable, dicen los científicos, y nada tiene que ver con las paranoias de la ficción científica [...] (“Nanotecnología entre el bien y el mal”, *Galileu*, N° 146, septiembre de 2003, p. 71).

Todo indica que la resistencia a la nanotecnología crecerá en los próximos años hasta alcanzar los mismos niveles de histeria verificados durante la aprobación de los primeros productos transgénicos. Algunos temores, como el que criaturas autorreplicantes dominen el mundo, son claramente fantasiosos. Otros exigen reflexiones [el artículo cita riesgos a la salud y al ambiente, aumento de las capacidades humanas, desigualdad social, sustitución de materias primas y fuerza de trabajo, dilemas éticos] (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 29).

Si bien estos ejemplos muestran una tendencia a deshacerse de la plaga gris, sea porque la idea tuvo mucha fuerza y persiste en el debate público, sea por sensacionalismo, aún encontramos artículos que la presentan como un riesgo real o inminente. Bajo el subtítulo “Peligro”, en un artículo de *Isto É* se argumenta:

Tamaña revolución no podría salir ilesa. Hay gente respetable y de renombre asustada con las posibles amenazas de esos diabólicos robots minúsculos. Entre

ellos está el visionario Bill Joy, creador del lenguaje Java usado en algunos celulares. Para él, el dominio de la nanotecnología puede ser más peligroso que la clonación humana, pues pone en riesgo la propia existencia humana (“Abracadabra. Al crear productos más resistentes que el acero y miles de veces menores que un cabello, la nanotecnología inaugura la era de los objetos inteligentes y de los remedios que viajan por el cuerpo”, *Isto É*, N° 1797, 17 de marzo de 2004, p. 74).

Lo mismo ocurre en el artículo titulado “Los riesgos de la nanotecnología”, publicado por *Época*:

Uno de los primeros en alertar sobre los riesgos [de la nanotecnología] fue Bill Joy, uno de los fundadores de la Sun Microsystems. Hace siete años, en un artículo publicado en la revista *Wired*, él describía el peligro de que algún día creemos máquinas del tamaño de átomos, capaces de montar moléculas potencialmente amenazantes (*Época* N° 484, 27 de agosto de 2007, p. 62).

El peligro de la plaga gris aparece a veces como irreal y otra como plausible, inclusive dentro de un mismo artículo, dando un carácter ambiguo a la información. Un motivo adicional de confusión es que la visión futurista más difundida como promesa de la nanomedicina también involucra nanorrobots, lo que fácilmente puede conducir al lector a una identificación.

Más allá de los nanorrobots, el tratamiento de los riesgos potenciales ha tendido a incorporar informaciones sobre resultados de algunas investigaciones que indican riesgos bastante más concretos de las nanopartículas. En 2003, un artículo de *Galileu* (“Nanotecnología entre el bien y el mal”, N° 146, septiembre de 2003, p. 71) cita investigaciones realizadas en Estados Unidos que indican potenciales riesgos de las fibras de nanotubos de carbono. En 2004, *Folha de S. Paulo* (“Espacio con el nanoandador”, Ciencia, Caderno Mais!, 9 de agosto de 2004, p. 12), publica comentarios sobre el documento británico elaborado por la RSYRAE (2004), que señala potenciales riesgos asociados al tamaño y reactividad de las nanopartículas, y en otra edición del mismo año, se refiere a la publicación de los estudios de Oberdorfer y de Kulinowski con fullerenos en peces y células humanas respectivamente (“Tecnociencia. Estructura básica de la nanotecnología forzaría constitución de radicales libres y amenazaría células humanas”. *Folha de S. Paulo*, 28 de diciembre de 2004, p. A14). También en 2004, investigaciones sobre riesgos realizadas por el toxicólogo Ken Donaldson, de la Universidad de Edimburgo, son expuestas por *Isto é* (“Abracadabra. Al crear productos más resistentes que el acero y miles de veces menores que un cabello, la nanotecnología inaugura la era de los objetos inteligentes y de los remedios que viajan por el cuerpo”, *Isto É*, N° 1797, 17 de marzo de 2004, p. 74). En 2006,

Veja divulga la noticia sobre problemas de salud presumiblemente causados por el producto de limpieza *Magic Nano* (que luego se demostró no deberse a la nanotecnología) (“Nanotecnología. La inmersión en un mundo invisible. Investigaciones realizadas en escala millones de veces menor que un alfiler generan la primera onda de productos”, *Veja*, Edición Especial Tecnología, 2006, p. 16). Finalmente, en el año 2007, tenemos la noticia de creación de vida sintética por Craig Venter, conjugando biología y nanotecnología y sus riesgos, publicada por *Folha de S. Paulo* (“Craig Venter sale adelantado en la búsqueda de vida sintética. Equipo norteamericano consigue hacer transplante de genoma en bacteria”, 29 de junio de 2007, p. A15) y referencias a las investigaciones de Maynard alertando sobre efectos de los nanotubos de carbono, comparables con los del amianto (“Los riesgos de la nanotecnología. Científicos alertan sobre posibles efectos nocivos de productos que usan partículas microscópicas, como filtros solares y cremas”, *Época*, N° 484, 27 de agosto de 2007, p. 61).

Las implicaciones económicas, sociales y éticas de la nanotecnología, por su parte, son abordadas de forma muy superficial en los artículos, constatando que la nanotecnología tendrá consecuencias en esos campos, afectando la forma en que vivimos, pero sin profundizar esta discusión. Por ejemplo:

[...] el cambio [tecnológico] ya comenzó y promete un enorme impacto social y económico [...] pero la mayoría de las personas aún no se dio cuenta de él (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 29).

En una declaración ante el Congreso de Estados Unidos en 1999, Smalley dijo que “el impacto de la nanotecnología en la salud, la riqueza y el padrón de vida de las personas será, como mínimo, equivalente a las influencias combinadas de la microelectrónica, del diagnóstico por imágenes, de la ingeniería computarizada y de los polímeros artificiales en este siglo [siglo xx]” (“Moratoria para la nanotecnología”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, Caderno Mais!, 23 de febrero de 2003, p. 17).

Surgen también muchas preocupaciones de cuño social. “Según el gobierno norteamericano, en los próximos 20 años, la convergencia tecnológica en la escala nano (biotecnología, tecnología de la información y neurociencia juntas) va a mejorar el desempeño humano en el trabajo, los deportes y los campos de batalla. Eso va a profundizar la desigualdad social entre los que tienen acceso a las innovaciones y los que no lo tienen”, argumenta Pat Money, director ejecutivo del ERC Group (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 30-31).

El surgimiento de nanobiosensores para monitorear el comportamiento de las personas en lugares públicos o en el trabajo ciertamente traerá dilemas éticos. (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 31).

En el conjunto de los artículos, raramente hay una conexión entre las grandes promesas anunciadas y sus implicaciones económicas, sociales y éticas. Así, por ejemplo, cuando se presentan los productos que contienen nanotecnologías, enfatizando su mayor eficiencia y sus nuevas propiedades, no se pone en cuestión quiénes tendrán acceso a ellos, o sea, cómo serán distribuidos socialmente los frutos de esa tecnología. Este asunto sólo es explícitamente discutido en dos artículos. En el número de *Época* del 26 de diciembre de 2005 (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, p. 31), se cita la opinión de Pat Mooney, del Grupo ETC, quien prevé un aumento de la disparidad social relacionada al acceso desigual a las innovaciones. En *Isto É* (“Abracadabra. Al crear productos más resistentes que el acero y miles de veces menores que un cabello, la nanotecnología inaugura la era de los objetos inteligentes y de los remedios que viajan por el cuerpo”, *Isto É*, N° 1797, 17 de marzo de 2004, p. 71), se traza un paralelo con la brecha digital, y se cita al bioeticista Erin Court, quien afirma que lo que está en juego son los beneficios para billones de personas que viven en los países en desarrollo.

También es significativo notar la ausencia de la discusión de las implicaciones del control casi obsesivo de nuestro cuerpo que los nanorrobots inyectados en la corriente sanguínea podrían tener, como el tornar disponibles informaciones sobre la salud a los sistemas de seguros o a los empleadores, abriendo oportunidades para la discriminación. Otras implicaciones sociales como la dependencia creciente de los sistemas médicos o el acceso a estas tecnologías sofisticadas, tampoco son colocadas. Solo un artículo de *Folha de S. Paulo* (“La plaga de US\$ 3,7 billones”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, Caderno Mais!, 4 de enero de 2004) alude a la invasión de la privacidad resultante de los nanodispositivos, al exponer resultados de un seminario organizado por la National Science Foundation.

En el caso de otra de las grandes promesas, la informática, los artículos nos presentan los beneficios de los nuevos computadores en sí, como el aumento impresionante de su capacidad de manejo y almacenamiento de información. No encontramos referencias sobre cómo afectaría la productividad industrial, los locales de trabajo, el empleo, o la propia industria de computadores. La única mención a implicaciones está dada por el comentario de la brecha digital ya señalada.

¿En qué magnitud estos medios se refieren a actores sociales involucrados en el debate sobre nanotecnologías? ¿Cómo se exponen sus motivos de preocupación y reivindicaciones? La mención que se hace de ellos en la columna Ciencia del diario *Folha de S. Paulo* es muy reducida, en solamente seis de los 43 artículos. A pesar del escaso número de artículos brindado por las revistas analizadas, estas tienden a incorporar en mayor proporción las perspectivas de actores no científicos, evidenciando la existencia de conflictos ciencia-sociedad en el temprano desarrollo de la nanotecnología (cuadro 11).

El príncipe Charles fue un actor público bastante citado. *Folha de S. Paulo*, por ejemplo, se refiere a sus manifestaciones de preocupación con los riesgos de las nanopartículas, llegando a compararlos con el desastre causado por la droga talidomida:

El príncipe Charles volvió a alertar contra la supuesta amenaza que la nanotecnología representa para la humanidad ayer, en el diario británico *The Independent*. El heredero del trono británico comparó la nueva tecnología con la talidomida [...] (“Pánico real, Príncipe alerta contra nanotecnología”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, 12 de julio de 2004, p. A11).

El mismo año, el príncipe británico vuelve a ser citado por el diario, en el contexto más amplio de reacción social frente a los organismos genéticamente modificados (OGM) que ocurrió en su país y de la actitud tomada por el gobierno británico en el caso de la nanotecnología de encomendar un documento a la Royal Society y Royal Academy of Engineers (RSYRAE, 2004) para evaluar sus riesgos:

Después de penar varios años con la reacción social frente a los organismos genéticamente modificados (OGM), los británicos decidieron actuar preventivamente en el caso de las nanotecnologías. [...] Hasta el príncipe Charles ya comenzaba a tirarles arena (macroscópicamente hablando), comparándolas con la talidomida (“Espacio con el nanoandador”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, Caderno Mais!, 9 de agosto de 2004, p. 12).

Manifestaciones similares también fueron citadas en otros dos artículos de las revistas *Isto É* (“Abracadabra. Al crear productos más resistentes que el acero y millones de veces menores que un cabello, la nanotecnología inaugura la era de los objetos inteligentes y de los remedios que viajan por el cuerpo”, *Isto É*, N° 1797, 17 de marzo de 2004, p. 74) y *Época* (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 30).

Cuadro 11. Alusión a perspectivas sobre nanotecnología de actores no científicos en los medios analizados, 2002-2007

Inclusión de perspectivas de actores no científicos	Número de artículos					
	Diario	Revistas de divulgación		Revistas semanales		
	<i>Folha de S. Paulo / Ciencia</i>	<i>Galileu</i>	<i>Super Interessante</i>	<i>Isto É</i>	<i>Veja</i>	<i>Época</i>
Artículos que citan perspectivas de actores no científicos (ONG, público, políticos, etcétera)	6	2	1	1	1	2
Artículos que no citan perspectivas externas a la comunidad científica	43	3	1	1	3	4
Total de artículos	49	5	2	2	4	6

Fuente: Elaborado por las autoras en base a las informaciones obtenidas en artículos de *Folha de S. Paulo*, *Galileu*, *Super Interessante*, *Época*, *Isto É* y *Veja*.

En cuatro artículos se presentan manifestaciones de temor o rechazo de ONG o grupos de activistas hacia productos conteniendo nanotecnologías que ya están comercializándose. La revista *Época* presenta la preocupación de la ONG ETC sobre la inexistencia de regulación:

Más de quinientos productos que contienen nanopartículas ya son comercializados, según levantamiento del ETC Group. [...] La nueva bandera de la entidad es la lucha contra los productos de la nanotecnología, que no están sujetos a ninguna rotulación o regulación (“El nanomundo de cada día. Usted puede no haberlo percibido, pero las crías de la nanotecnología ya entraron en su vida y prometen cambios radicales”, *Época*, N° 397, 26 de diciembre de 2005, p. 27).

Una manifestación de protesta es citada por *Super Interessante*:

[...] como toda novedad, la nanociencia está asustando. Al final, un material con características increíbles también podría causar daños increíbles al hombre o al medio ambiente. El mes pasado, un grupo de activistas americano se sacó la ropa para protestar contra pantalones nanotecnológicos que serían muy contaminantes (“Nanotecnología está en la calle. Usted no consigue ver, pero productos microscópicos están difundiendo por el mundo, revolucionando todo a su alrededor”, *Super Interessante* N° 215, julio de 2005, p. 54).

En *Veja*, se comenta el caso de un producto de limpieza que causó problemas de salud en Alemania. Se da a entender que las ONG están “al acecho” de cualquier problema para reforzar sus posiciones, apresurándose a responsabilizar a la nanotecnología por cualquier problema, como de hecho presumiblemente ocurrió en este caso:

Recientemente, al lado de los descubrimientos, la tecnología viene acumulando también polémicas. En marzo, un producto de limpieza que prometía proteger baños de la proliferación de bacterias por hasta seis meses fue puesto a la venta en Alemania. El *Magic Nano* fue un éxito inmediato, pero duró poco. Solo tres días después del lanzamiento, tuvo que ser recogido a causa de reclamos de los consumidores. Ellos afirmaban que el producto provocaba problemas respiratorios. Seis fueron hospitalizados. El fabricante se defendió argumentando que la intoxicación fue causada por un líquido anticorrosivo contenido en la versión en aerosol. El producto en envase plástico no había causado ningún malestar. Pero el perjuicio recayó sobre la nanotecnología, dando espacio a grupos ambientalistas y otros que defienden una mayor atención a los eventuales peligros de esta nueva área (“Nanotecnología. La inmersión en un mundo invisible. Investigaciones realizadas en escala millones de veces menor que un alfiler generan la primera onda de productos”, *Veja*, Edición Especial Tecnología, 2006, p. 16).

Sobre el mismo caso, en otro artículo, se señala que

[...] varias organizaciones no gubernamentales salieron al público, colocando la nanotecnología bajo fuerte sospecha [...] (“Nanotecnología. Ella está entre nosotros”, *Galileu* N° 194, septiembre de 2007, p. 59).

Las ONG ambientalistas fueron clasificadas como “oportunistas” en un artículo de *Época* (“Los riesgos de la nanotecnología”, *Época*, N° 484, 27 de agosto de 2007, p. 63), en que se compara la incipiente resistencia a la nanotecnología con la ocurrida en el caso de los transgénicos. Según el artículo, el oportunismo de las ONG se desarrolló en un contexto de falta de transparencia de las empresas, desinformación pública y omisión de los gobiernos, un escenario que también podría comprometer la anunciada revolución nanotecnológica.

Las ONG son presentadas como fuertes grupos capaces de interferir en el desarrollo de la tecnología, en un artículo de *Folha de S. Paulo*, refiriéndose al pedido de moratoria realizado por el grupo ETC, se explica:

Quien piense que se trata de una ONG sin importancia o audiencia debería conversar con los defensores de los alimentos transgénicos. Ellos podrán narrar el

trauma que les fue causado por la ONG antecesora de ETC, RAFI [sigla en inglés de Fundación Internacional para el Avance Rural]. RAFI promovió un marco memorable al acuñar el calificativo “Terminador” (exterminador) para la tecnología siniestra que impedía la reproducción de semillas de plantas transgénicas (“Moratoria para la nanotecnología”, *Folha de S. Paulo*, Ciencia, Caderno Mais!, 23 de febrero de 2003, p. 17).

Finalmente, en la revista *Galileu*, bajo el sugestivo título “Nanotecnología, entre el bien y el mal”, se contraponen las posiciones de dos ONG, el Grupo ETC y Greenpeace:

El alborozo en torno de los problemas que la nanotecnología puede traer comenzó el año pasado, luego que la ONG ambientalista ETC Group pidió una moratoria mundial en la producción de nanoproducidos, ya que aún no hay leyes regulando lo que puede o no ser hecho [...]

[...] La propuesta de la moratoria, sin embargo, parece ser un poco exagerada. El propio Greenpeace, una de las organizaciones más activas contra los alimentos transgénicos, considera que la ciencia de lo minúsculo debe traer más beneficios que problemas [como sistemas de producción de energía limpios] (*Galileu*, N° 146, septiembre de 2003, pp. 71-72).

Las escasas referencias a manifestaciones de actores no científicos ya son un indicador de la poca legitimidad con que estos cuentan como interlocutores en asuntos de ciencia y tecnología en la información brindada al público. Además, observamos que, a veces, son presentados como grupos que se oponen a la ciencia y la tecnología, y no como grupos que cuestionan sus riesgos e implicaciones, reivindicando medidas preventivas como mayor regulación o el uso del principio de precaución, o como grupos que critican determinadas trayectorias de desenvolvimiento tecnológico. Notamos también que los artículos tienden a no confrontar directamente los argumentos de los científicos con los de actores no científicos, de modo que las posiciones o cuestionamientos de estos últimos raramente reciben “respuesta” de las fuentes científicas.

CONCLUSIONES

Buscamos, en este artículo, evaluar qué informaciones llegan al público sobre nanotecnología, un campo de investigación en franca expansión y sobre el cual se depositan expectativas de una próxima revolución industrial. Nos centramos en vehículos impresos de amplia difusión en el país, privilegiando las secciones

de ciencia y tecnología de los medios de información general y revistas especializadas en divulgación científica, a los cuales recurren los lectores interesados en los más recientes desarrollos científico tecnológicos. Constatamos que la información ofrecida es aún muy escasa, principalmente tomando en cuenta que Brasil consolidó, durante el período analizado, una política decisiva para el impulso de la nanotecnología, colocándola como área estratégica.

La información disponible se caracteriza por el énfasis en las visiones optimistas sobre la nanotecnología, anticipando una serie de promesas como productos más eficientes e “inteligentes”, avances impresionantes en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, una segunda revolución informática y desarrollo económico, entre otras. No hay claridad en los artículos sobre el momento en que tales promesas se traducirán en tecnologías disponibles. Aunque tienden a situarlo en el futuro, hay bastante ambigüedad en la presentación de los estadios en que se encuentran las investigaciones, siendo difícil discernir qué aplicaciones son más “realistas” y cuáles son inferencias realizadas a partir de investigaciones aún muy iniciales. Las promesas de los científicos tienden a ser magnificadas en los textos periodísticos, en títulos, destaques o figuras con tonos futuristas. Los nanorrobots para monitorear disfunciones, reparar células y genes y administrar drogas con la precisión de nanomisiles son los ejemplos más recurrentes.

La escasa divulgación de aspectos controversiales se refleja, por un lado, en que los textos no aluden a los debates internos en el campo de la nanotecnología, aunque las visiones optimistas y promesas citadas se adscriben a distintos “programas” en pugna para su desarrollo.

Por otro lado, en la mayoría de los textos, las promesas son raramente enturbiadas por efectos no deseados, riesgos, implicaciones sociales o dilemas éticos. Solamente un tercio del total de artículos analizados expone algún tipo de consideración sobre tales cuestiones, a pesar de su creciente presencia en debates científicos y envolviendo a actores no científicos.

La calidad de la información es bastante deficiente en relación con los riesgos potenciales de las nanotecnologías, un tema de crucial importancia cuya discusión se ha intensificado en los dos últimos años con la publicación de evidencias surgidas de varias investigaciones. Vimos que ciertos artículos han expuesto algunas de esas evidencias, sin embargo, la atención dada a la plaga gris confunde al lector, pues a veces se la califica de irreal y otras se la califica como riesgo real, llevando a disminuir la importancia de riesgos menos dramáticos que pueden estar ya siendo enfrentados por consumidores, trabajadores y científicos.

El aspecto menos trabajado en los artículos es el de las implicaciones sociales, económicas y éticas de las nanotecnologías. Los artículos, con pocas excepciones, tienden a reproducir concepciones lineales del desarrollo científico tecnológico,

que conduciría al desarrollo económico y al bienestar social sin mayores contratiempos. En el contexto de recurrentes conflictos ciencia-sociedad y de un país con grandes desigualdades sociales, las transformaciones sociales que se asocian a los cambios tecnológicos de envergadura deberían, sin embargo, constituir un tema de central importancia en la información pública.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Brasil (2007), “Brasil investiu cerca de R\$ 150 milhões em nanotecnologia em cinco anos”, consultado el 2 de agosto de 2008 de <http://lqes.iqm.unicamp.br/images/lqes_empauta_novidades_963_agencia_brasil.pdf>.
- Amorim, Tade Ane (2008), “Nanotecnologia na imprensa. Análise do conteúdo do Jornal Folha de São Paulo”, *Tese*, vol. 4, N° 2, pp. 20-36. Consultado el 7 abril de 2008 de <http://www.emtese.ufsc.br/vol4_2_res_art2.pdf>.
- Baker, Stephen y Adam Aston (2005), “The Business of Nanotech”, *Business Week*, 14 de febrero de 2005.
- Barras, Colin (2008), “Nanotubes’ toxic effects ‘similar to asbestos’”, *New Scientist.com*, 20 de mayo de 2008. Consultado el 7 de octubre de 2008 de <<http://www.newscientist.com/channel/health/dn13946-nanotubes-toxic-effects-similar-to-asbestos.html>>
- Bensaude-Vincent, Bernardette (2004), “Two Cultures of Nanotechnology?”, *International Journal for Philosophy of Chemistry*, vol. 10, N° 2, pp. 65-82.
- Berger, Michael (2007), “Debunking the trillion dollar nanotechnology market size hype”, *Nanowerk*, consultado el 5 de octubre de 2008 de <<http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1792.php>>
- Cientifica (2007), “Half Way to the Trillion-Dollar Market? A Critical Review of the Diffusion of Nanotechnologies”, consultado el 24 de abril de 2007 de <http://www.cientifica.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=68&Itemid=111>.
- Cutcliffe, Stephen (2003), “La emergencia de cts como campo académico”. *Ideas, máquinas y valores. Los estudios de ciencia, tecnología y sociedad*, Barcelona, Anthropos.
- Drexler, Eric (1986), *Engines of creation*. Nueva York, Anchor Books. Consultado el 3 de abril de 2007 de <<http://www.foresight.org/EOC/Engines.pdf>>.
- Durant, John (1999), “Participatory technology assessment and the democratic model of the public understanding of science”, *Public Understanding of Science*, vol. 26, N° 5, pp. 313-319.
- Fiedeler, Ulrich, Armin Grundwald y Christopher Coenen (2005), “Vision Assessment in the field of nanotechnology. A first approach. Paper presentado en la Conferencia Imaging NanoSpace”, Bielefeld, 11-14 de mayo de 2005. Consultado el 9 de mayo de 2007 de <http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2005/fiua05a_abstract.pdf>.
- Grundwald, Armin (2004), “Vision Assessment as a New Element of the FTA Toolbox. New horizons and challenges for future-oriented technology analysis”. Paper presentado en

- EU-US Scientific Seminar: New Technology Foresight, Forecasting y Assessment, Sevilla, 13-14 de mayo de 2004. Consultado el 14 de marzo de 2007 de <<http://www.jrc.es/projects/fra/papers/Session%204%20What%27s%20the%20Use/Vision%20Assessment%20as%20a%20new%20element%20of%20the%20FTA%20toolbox.pdf>>.
- Invernizzi, Noela (2008), "Visions of Brazilian Scientists on Nanosciences and Nanotechnologies", *NanoEthics*, vol. 2, N° 2, pp. 133-148.
- y Guillermo Foladori (2005), "Nanotechnology and the Developing World: Will Nanotechnology Overcome Poverty or Widen Disparities?", *Nanotechnology, Law and Business*, vol. 2, N° 2, pp. 2-11.
- , Guillermo Foladori y Don Maclurcan (2008), "Nanotechnology's controversial role for the South", *Science, Technology y Society*, vol. 13, N° 1, pp.123-148.
- Jassanoff, Sheila (2005), *Designs on Nature. Science and Democracy in Europe and the United States*, Princeton, Princeton University Press.
- Korbes, Cleci (2008), "Educação não-formal e informal em ciência e tecnologia: divulgação científica e formação de opinião sobre reprodução assistida e seus desdobramentos na Folha de S. Paulo", Dissertação de Mestrado em Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Kulinowski, Kristen (2004), "Nanotechnology: From 'Wow' to 'Yuck'?", *Bulletin of Science, Technology and Society*, N° 24, pp. 13-20.
- Leite, Marcelo (2006), *As promessas do genoma*, San Pablo, Editora Unesp.
- Losch, Andréas (2008), "Anticipating the Futures of Nanotechnology: Visionary Images as Means of Communication", en Fisher, E., C. Selin y J. Wetmore, *The Yearbook of Nanotechnology in Society*, vol. I, Presenting Futures, Springer, pp.123-142.
- Lux Research (2006), *The Nanotech Report*, 4ª ed., Nueva York, Lux Research Inc.
- Marandino, Martha *et al.* (2003), "A educação não-formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz?", paper presentado em el IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, San Pablo, Bauru, 25-29 de noviembre.
- Martins, Paulo R. *et al.* (2007), *Revolução Invisível. Desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil*, San Pablo, Xamã.
- Maynard, Andrew D. (2007), "Nanoparticle Safety. A Perspective from the United States", en Hester, R. E. y R. M. Harrison, *Nanotechnology. Consequences for Human Health and the Environment*, Cambridge, rsc Publishing.
- Meridian Institute (2005), "Nanotechnology for the Poor: Opportunities and Risks", consultado el 3 de septiembre de 2005 de <<http://www.nanoandthepoor.org/NanoandPoor-NoGraphics.pdf>>.
- (2007), "Nanotechnologies, Commodities and Development", Background paper, International Workshop on Nanotechnologies, Commodities and Development, Río de Janeiro, 29-31 de mayo de 2007.
- Moor, James y John Weckert (2004), "Nanoethics: Assessing the Nanoscale from an Ethical Point of View", en Baird, D., Alfred Nordmann y Joachim Schummer (eds.), *Discovering the Nanoscale*, Amsterdam, IOS Press.
- Salamanca-Buentello, Fabio *et al.* (2005), *Nanotechnology and the Developing World*, 2 PLOS

- MED. E97. Recuperado el 4 de diciembre de 2005 de <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?tool=pubmed&pubmedid=15807631>>.
- Selin, Cynthia (2007), "Expectations and the Emergence of Nanotechnology". *Science, Technology and Human Values*, vol. 32, N° 2, pp. 196-220
- Souza, Iara (2008), "Células-Tronco considerações sobre o regime de verdade e o regime de esperança", paper presentado en las VII Jornadas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, Río de Janeiro, 28-30 de mayo de 2008.
- Teixeira, Mônica (2004), "Cylon Gonçalves, secretário do MCT, apresenta planos para 2005 em Nanotecnologia, Biotecnologia e Amazônia", entrevista para *Jornal da Ciência e-mail* 2670, 17 de diciembre de 2004. Consultado el 3 de septiembre de 2007 de <<http://www.jornaldaciencia.org.br/ Detalhe.jsp?id=24125>>.
- Unesco (2006), *The Ethics and Politics of Nanotechnology*, París, Unesco.
- (2007), *Nanotechnologies and Ethics. Policies and Actions*, París, Comest/Unesco.
- Wood, Stephen, Richard Jones y Alison Geldart (2003), "The social and economic challenges of nanotechnology". Londres, Economic and Social Research Council. Consultado el 25 de septiembre de 2005 de <http://www.esrc.ac.uk/ESRCInfoCentre/Images/Nanotechnology_tcm6-5506.pdf>.

Artículo recibido el 1° de diciembre de 2008.
Aceptado para su publicación el 1° de febrero de 2009.

BIOSSOCIABILIDADE E BIOPOLÍTICA: RECONFIGURAÇÕES E CONTROVÉRSIAS EM TORNO DOS HÍBRIDOS NANOTECNOLÓGICOS

JONATAS FERREIRA*

ROSA MARIA LEITE RIBEIRO PEDRO**

RESUMO

As novas tecnologias de manipulação da vida, em especial aquelas que operam em nível molecular, acenam com a possibilidade de perfectibilidade indefinida do corpo humano. Para alguns autores, estaríamos na iminência de uma “solução” técnica para o sonho milenar da imortalidade. Partindo de outra linha de argumentação, acreditamos que tal constatação requer uma questão preliminar: o que significa produção e reprodução da vida em tal contexto tecnológico? Constatamos inicialmente que as novas tecnologias de manipulação da vida operam em uma escala em que certas diferenças culturalmente relevantes se tornam problemáticas –como aquelas entre o orgânico e o inorgânico, entre o que é matéria e o que é informação, entre o que está vivo e o que é inanimado–. Este artigo procura refletir acerca dessa zona limite –campo de confluência da biologia molecular e da nanotecnologia– buscando explorar as questões políticas, éticas e culturais que subjazem à perspectiva de uma sociedade que se articula em torno de uma dimensão de experiência técnica literalmente molecular.

PALAVRAS-CHAVE: BIOPOLÍTICA – BIOSSOCIABILIDADE – NANOTECNOLOGIA

APRESENTAÇÃO

As novas tecnologias de manipulação da vida, em especial aquelas que operam em escala molecular, tais como a transgênese, a produção de tecidos a partir de células-tronco, perspectivas de terapia gênica e a produção sintética de genomas

* Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), coordenador do *Núcleo de Ciência, Tecnologia e Sociedade*, membro da rede de pesquisa *ID – Inovação, Democracia e Desenvolvimento* e pesquisador financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). <ferreirajonatas@uol.com.br>.

** Professora Adjunta do Programa de Pós-Graduação em Psicossociologia de Comunidades e Ecologia Social – EICOS/UFRRJ. End: Rua Pinheiro Guimarães, 115, Bloco 2, ap. 303. Humaitá – RJ. CEP: 22281-080 (+55) 21 2526 2683 / 21 9954 1913. <rosapedro@globo.com>

por nanotécnicas acenam com a possibilidade de aperfeiçoamento indefinido do corpo humano e, no limite, imortalidade. Para autores como Sfez, Blumenberg ou mesmo Bauman, estaríamos diante da eminência de uma ‘solução’ ou resposta técnica, secular para um sonho antigo e milenar: o da imortalidade. Partindo de uma outra linha de argumentação, e alinhando-nos a pensadores como Foucault, Agamben, Rabinow e Rose, acreditamos que esse tipo de constatação requer uma questão preliminar: o que significa a produção e reprodução da vida para a biologia molecular e o conjunto de novas técnicas que ela vem mobilizando - em especial a nanotecnologia? Divergências entre esses últimos autores sendo desconsideradas, parece consensual uma idéia: a biopolítica ainda é o campo em que essa pergunta pode e deve ser formulada.

Interpretando Foucault a partir de Hannah Arendt, Agamben acredita que, desde os gregos, a política estrutura-se a partir da relação ambígua que se trava entre uma vida ética e politicamente digna de ser vivida e uma vida biológica, uma “vida nua”. Para ele, a política moderna se estabelece quando as discussões acerca dos destinos da *polis* não comportam outro âmbito de significação da vida humana que não *o labor, a satisfação de necessidades biológicas*. Este cenário compreende a articulação de uma aparente contradição: o ato político, por um lado, percebe-se civilizador, determinado a partir de uma ordem não meramente orgânica, natural, e, por outro, pressupõe uma articulação e inscrição no âmbito da vida pura - ainda que essa articulação se expresse sob a forma de exclusão. O ato civilizador se estrutura *por oposição* e, ao mesmo tempo, *a partir de uma contaminação* com o puramente biológico. Desse modo, matar é incivilizado; mas durante a guerra o inimigo é apenas proliferação de vida *tout court*. De uma maneira ampla, poderíamos dizer que sempre que o exercício da política levantar a questão da soberania, de elaborar a possibilidade da decisão soberana, necessariamente estaremos envolvidos com questões como: sob quais condições o civilizado pode invadir legitimamente o terreno da vida nua, da vida biológica? O poder soberano é aquele que decide *quando e como* a fronteira entre esses dois campos (vida civilizada, vida nua) deve ser ultrapassada. Por esse motivo, sua jurisdição é sempre limítrofe. Soberano é aquele que decide quando a linha divisória entre o civilizado e o biológico, entre cultura e natureza, deve ser ultrapassada - e aqui percebemos a dívida de Agamben para com o pensamento de Carl Schmitt.

Mas como essas considerações teóricas se aplicam ao problema que nos propomos discutir? Passemos a uma ilustração. O desconforto acerca do que fazer com células-tronco embrionárias seria, de fato, um exemplo da mesma dinâmica civilizadora e das aporias que a idéia de biopoder, tal como formulada por Agamben, abre: são elas seres humanos potenciais ou vida nua? Teríamos direito de realizar pesquisas com células-tronco embrionárias? Qualquer que seja a nossa percepção acerca deste tema, e as respostas que possamos dar às questões acima,

ele define um campo de possibilidades que poderíamos chamar de político –ou, mais precisamente, a possibilidade do político construída pela cultura ocidental, tal como o formulam Schmitt, Arendt e Agamben–. O espaço do poder tornou-se a vida biológica. Ainda um exemplo: diversos autores comentaram acerca do estranho caso de um norte-americano que teve seqüências genéticas do seu baço patenteadas por uma grande companhia farmacêutica. Diante de sua reivindicação, de que lhe pagassem direitos sobre o enorme lucro que a empresa estaria obtendo com sua informação genética, a Suprema Corte americana foi taxativa: comercializar uma parte do corpo, da vida humana, é contra a lei. Incivilizado, portanto. Pode-se, do mesmo modo, considerar esse material genético, multiplicado em laboratório apenas como informação. De que outra forma o direito de comercialização das informações genéticas do litigante seria garantido à grande empresa farmacêutica em questão? Não é vida, mas seqüência de bases nitrogenadas, moléculas de material inorgânico. A zona de fronteira que é objeto do ato político –o espaço entre a vida humana e a vida nua, entre o que é culturalmente valioso e o que é apenas engrenagem, proliferação do orgânico ou inorgânico, como é o caso de uma seqüência de bases nitrogenadas– estabelece uma relação evidente entre a biopolítica e uma tanatopolítica, entre o que deve ser considerado vivo e o que deve ser considerado inanimado, entre o que deve ser considerado como base da vida social e o que deve ser considerado matéria disponível, estoque. Nestes dois exemplos, todavia, o exercício biopolítico não envolve uma dimensão tanatológica nos termos propostos por Agamben. De fato, não se trata mais simplesmente de uma decisão entre o que deve viver e o que deve morrer, mas o que deve ser considerado vivo e o que deve ser considerado inanimado. Esse pequeno deslizamento conceitual parece importante para entender o novo campo de biossociabilidade que se constitui com as novas biotecnologias.

Há, portanto, uma dimensão profundamente política nas novas tecnologias de manipulação molecular da matéria que não pode ser entendida prontamente a partir do modelo jurídico-político proposto por Giorgio Agamben. Existe no terreno daquilo que se convencionou chamar de convergência tecnológica uma mobilização estranha de aspectos biopolíticos e tanatológicos que convém examinar e que decorre do que identificamos acima como deslizamento conceitual. Neste ensaio consideraremos muito especificamente o surgimento de um novo paradigma para entender e manipular a vida biológica, nomeadamente, o surgimento da nanobiotecnologia, em que a distinção entre o que é animado e o que é inanimado deixa de ser clara. O que significa o surgimento de uma nova medicina em que a molécula, o átomo, e não mais o organismo é a unidade analítica básica? Por um lado, certamente a continuidade do processo que se inicia com a constituição da anatomo-clínica e sua ênfase analítica, não mais no organismo e seus órgãos, mas na análise de tecidos. Esse processo deu lugar a algumas outras

rupturas epistemológicas fundamentais: em direção não mais ao tecido, mas à célula; não mais em direção à célula mais ao genoma; não mais em direção ao genoma mais à molécula, ao átomo.

O que significa para o projeto político ocidental o fato de a distinção política fundamental –entre amigo e inimigo, sim; mas fundamentalmente entre o que deve viver e o que deve morrer– encontrar diante de si o embaraço das fronteiras entre o vivo e morto como espaço de operação tecnocientífica? É preciso questionarmos esse lugar político fundamental que a tecnociência passa a ocupar. Falemos imediatamente daquilo que salta aos olhos: isso significa que o biopoder encontra também aqui uma dimensão ecológica que não pode deixar de ser trabalhada. O *grey goo*, cenário distópico traçado por Eric Drexler, onde a ação de nano-robôs consumiriam a vida na terra, naquilo que ele apresenta de paranóico, deve ser entendido como metáfora das preocupações de controle mediante o qual o biopoder precisa pensar sua legitimidade. Nesse sentido, o ponto de vista foucauldiano, muito mais interessado nos processos micropolíticos que Giorgio Agamben, nos ajuda a perceber que o político se instala também no nível molecular a partir de estratégias rizomáticas. O *grey goo* como metáfora da força rizomática das grandes corporações sinaliza para o terror ambiental que corrói a legitimidade e ao mesmo tempo demanda a ação soberana. A ansiedade diante da possibilidade de desastres ambientais aparece hoje claramente em discussões acerca da toxicidade de novos materiais produzidos pela nanotecnologia ou sobre o destino a ser dado ao lixo produzido com esse tipo de tecnologia.

Propomos, aqui, problematizar certas ações e intervenções nessa zona limite, o nível molecular, onde aqueles que são capazes de produzir efeitos e conseqüências não são apenas os “atores sociais”, mas, sobretudo, os não-humanos. Em outras palavras, propomos uma interpretação de certas intervenções tecnológicas recentes a partir da questão do político tal como circunscrito acima. Este modo de colocar o problema possui afinidades com as noções que se articulam em torno do referencial de redes sócio-técnicas, tal como proposto por Bruno Latour e Michel Callon, dentre outros. Problematizar a tecnociência que opera na escala do infinitamente pequeno –campo de *convergência* de duas técnicas revolucionárias, a *biologia molecular* e a *nanotecnologia*, nível em que “a diferença entre o orgânico e o inorgânico, entre o vivo e o não vivo” deixa de fazer sentido– pode dar visibilidade aos hibridismos que caracterizam o contemporâneo. As redes que aí se produzem –e os debates que suscitam em torno da produção e circulação dos híbridos– permitem-nos compreender o que pode uma sociedade e quais os seus limites, o que certamente não se restringe às suas possibilidades tecnológicas, mas sobretudo à sua política e sua ética.

Procuraremos, assim, refletir acerca das questões políticas, éticas e culturais que subjazem à perspectiva de uma sociedade que se articula em torno de uma

dimensão técnica literalmente molecular, buscando explorar os horizontes biopolíticos e biossociais que, a partir daí, se podem vislumbrar.

DESENHANDO UM CENÁRIO: A CONVERGÊNCIA NANOBIOtecnológica

Os progressos recentes da ciência e da técnica são marcados por seu caráter interdisciplinar. Dois exemplos, entre muitos, poderiam ser oferecidos: a biologia contemporânea sem a matemática, a informática, a química e a física seria impensável; a descoberta da forma helicoidal de organização molecular do DNA foi feita por matemáticos de formação e não por biólogos. Apesar dessa constatação, a existência de grandes espaços de investigação especializada, tais como a *biologia molecular*, a *neurociência* e a *nanociência* ainda é um desafio à constituição de uma expertise sólida das interseções existentes entre esses campos de saber. Esta percepção acerca da distância imposta pela divisão do trabalho científico tem desencadeado, nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, esforços no sentido de estimular a *convergência tecnológica* entre as nanotecnologias, as biotecnologias, tecnologias da informação e as ciências e tecnologia da cognição. A intenção parece clara: a partir do momento em que essas ciências passam a atuar numa mesma escala de investigação, o átomo, a molécula, compartilhando alguns postulados básicos e podendo contribuir na solução de problemas comuns, um diálogo mais sistemático teria efeitos de sinergia que o desenvolvimento unilateral de cada uma dessas ciências não poderia alcançar isoladamente. A aceleração das descobertas científicas e das realizações técnicas é condição fundamental para que essas economias continuem, ou se tornem competitivas.

A partir dessas constatações, e tendo como pressuposto normativo a idéia de convergência, cientistas trabalhando nos campos da nanotecnologia, biotecnologia, tecnologia da informação e ciências da cognição tem sido convocados nos países desenvolvidos a explorar cenários de progresso científico e técnico em seus campos de saber. De tal esforço alguns relatórios foram produzidos, entre os quais valeria a pena destacar *Converging Technologies for improving Human Performance*, editado por Roco & Bainbridge (2002) e elaborado sob os auspícios da National Science Foundation dos EUA, e *Converging Technologies and the Natural, Social and Cultural World*, relatado e editado por Bibel (2004) para a Comissão Européia.

Lancemos aqui uma hipótese de trabalho. Na tradição de autores como François Jacob, acreditamos poder afirmar que a cibernética foi em grande medida o paradigma que possibilitou o desenvolvimento vertiginoso de várias áreas de conhecimento, das tecnologias a elas associadas e da convergência que vem oco-

rendo entre estas nos últimos cinquenta anos (Ferreira, 2002). A própria idéia de uma ciência voltada para a circulação de informação entre o humano, o técnico e o natural, e que por isso não lidaria mais com a matéria ou com formas de energia determinadas, possibilitou a constituição daquilo que veio a se chamar ciências da informação; mas também permitiu que a cibernética passasse a ser um paradigma fundamental para a biologia molecular e para a neurociência. Em que outro espaço, que habilita a convergência, as fronteiras entre o animado e o inanimado seriam postas em questão?

Convém lembrar que para a cibernética a informação não pode ser considerada matéria ou energia, mas, para usarmos a expressão de Norbert Wiener, um 'padrão'. O fato de o núcleo epistemológico dessa nova ciência ser algo completamente imaterial não apenas facilitou o processo mediante o qual ela se tornou paradigmática para a neurociência, a biologia molecular e a nanotecnologia, mas também determinou uma certa desmaterialização do objeto de pesquisa destas ciências. A esse respeito, em relatório elaborado para a Comissão Européia, Bibel observa:

Nos anos oitenta, o paradigma computacional começou a se tornar hegemônico também na tecnologia de comunicação e media. O resultado desse processo novo pode ser visto como o primeiro estágio para a convergência tecnológica. O paradigma computacional agora se tornou hegemônico em outras áreas, sobretudo a biotecnologia e engenharia, e agora está a um passo de entrar nano e cognitivo-tecnologia (Bibel, 2004: 22).

A idéia de convergência entre a nanotecnologia, biotecnologia, a tecnologia da informação e as ciências da cognição, ou NBIC, como foi designado este novo campo, passa então a ser estimulada de modo bem mais evidente e racional. Há aqui não apenas uma percepção de uma falha a ser corrigida, mas a constatação de uma oportunidade: o estabelecimento de uma linguagem universal entre as ciências e o investimento na sinergia que daí possa resultar. Nas palavras de Roco e Bainbridge: "[...] Se os Cientistas da Cognição podem pensá-lo, o pessoal da Nano pode construí-lo, o pessoal da Bio pode implementá-lo, e o pessoal da TI pode monitorá-lo e controlá-lo" (Roco & Bainbridge, 2002).

Sejamos, no entanto, mais específicos acerca do significado da convergência tecnológica do ponto de vista do problema filosófico e político que aqui estamos propondo. É necessário enfatizar que essa nova forma de abordar as ciências naturais apresenta implicações curiosas do ponto de vista daquilo que, seguindo Foucault, chamamos de biopolítica. Ora, essa nova forma de abordar o objeto das ciências cognitivas, da biologia e da física de materiais torna problemáticas as fronteiras entre o que é vivo e o que é inerte, como já afirmamos. A própria idéia

de convergência tecnológica entre nanotecnologias e a biologia molecular atestam este fato: a molécula é tanto a possibilidade de emergência de novas propriedades na matéria como possibilidade de fabricação do vivo. Que, ao longo do desenvolvimento da ciência moderna, a morte tenha se tornado padrão para compreender o vivo, não chega a ser novidade. Hans Jonas, em *O Princípio da Vida*, já nos falava acerca dessa possibilidade. O próprio Foucault (1988), ao discorrer acerca da constituição da anatomo-clínica, já alertara a esse respeito —ou seja, mesmo antes que suas ditas preocupações genealógicas se tornassem claras—. Mas que a ciência passe a operar em uma escala em que o inanimado pode se tornar animado, como no caso da biologia sintética, e vice-versa, é algo novo e perturbador.

As expectativas despertadas pela convergência tecnológica, ou do espaço que poderá ocupar a NBIC nas sociedades contemporâneas, são muito grandes, sobretudo se considerarmos os cenários que se abrem para a saúde humana. As promessas aqui são significativas. A primeira delas seria o surgimento de uma medicina radicalmente preventiva, e com ela a necessidade de “melhores testes *ex vivo* e a melhoria das atuais técnicas de laboratório” para permitir medições com maior sensibilidade e especificação.

Isso inclui nanossistemas engenheirados de modo a poderem ser integrados a sistemas biológicos, incluindo sensores implantados em tecidos e células humanos que viriam a proporcionar informações em tempo real acerca de processos e funções biológicos, assim como monitoramente *in situ* de longo prazo (NTI, 2005: 13).

A base técnica do diagnóstico, o controle de imagens emitidas por sondas nanométricas, seria também parte do mesmo processo através da qual a disponibilização de drogas [*drug delivery*] e terapêutica inteligente se tornam factíveis. Além de emitir informação acerca de um determinado tipo de célula pretendido, a sonda seria capaz de liberar determinada droga em quantidade e frequência necessárias à solução eficaz do problema identificado. Impossível não traçar neste ponto um paralelo entre essas promessas e os primeiros experimentos cibernéticos com mísseis inteligentes, mísseis capazes de corrigir sua trajetória a partir de uma avaliação contínua de um meio sempre cambiante. Alcançado este grau de sofisticação técnica, realizar-se-ia o sonho de tratamentos altamente eficientes e direcionados com precisão molecular, ou seja, com biodisponibilidade¹ virtual-

¹ Biodisponibilidade é “[...] uma característica do medicamento administrado a um sistema biológico intacto e pode ser definida como a quantidade e velocidade na qual o princípio ativo é absorvido a partir da forma farmacêutica e se torna disponível no sítio de ação (Carcamo, 1982, Lieberman, 1990). A biodisponibilidade está intimamente relacionada com a absorção da substância ativa”. <<http://www.ccs.ufsc.br/farmacia/TCCGenericos/biodisponib/Conceito.html>>.

mente perfeita. As esperanças de longo prazo aqui são de fato enormes: desde a regeneração de tecidos, ao prolongamento da vida, até a imortalidade. (NTI, 2005: 13 e cap. 5). Não estamos, entretanto, apenas diante de possibilidades. A nanobiotecnologia já pode relatar realizações neste campo. No dia 03 de setembro de 2008, pesquisadores sul-coreanos relataram o desenvolvimento de nanoestrutura capaz de detectar e destruir células cancerosas.² No dia 10 de outubro do mesmo ano, o Departamento de Assuntos Públicos da Universidade de Yale reportava de um nanofio acoplado a um microprocessador capaz de detectar um número amplo de doenças.³ Os exemplos são inúmeros neste campo. Mas o controle celular do organismo, possibilitado pela nanobiotecnologia, redefine o que poderíamos chamar de saúde. Diagnósticos de câncer alcançam um grau de precisão maior com as nanotecnologias, por exemplo. Essa redefinição, ela própria, tende a ser uma força fundamental na criação de uma idéia de organismo vivo indissociável de suas próteses – agora em vias de molecularização.

Aceita a importância da cibernética na configuração de um campo epistêmico que possa servir de heurística para esses novos campos, é possível reconhecer na nanotecnologia um horizonte de profundas revoluções técnicas. Já mencionamos o fato de a convergência entre a *biologia molecular* e a *nanotecnologia* estar constituindo um campo específico de investigação, a *nanobiotecnologia*. Avanços recentes da biologia molecular, tais como a engenharia genética, e a expertise adquirida pela nanotecnologia ao manipular equipamentos, tais como a Scanning Tunneling Microscopy,⁴ influenciam-se e se desafiam mutuamente. O funcionamento de organelas celulares são hoje modelos de *self-assembly* – caminho teórico da manipulação molecular conhecida como *bottom-up manufacturing*.⁵

De um modo geral, as expectativas de aplicações práticas da nanomedicina são definidas em quatro grandes áreas: disponibilização de medicamentos com alta precisão [ou *target drug delivery*]; produção de nanopartículas terapêuticas; uso de nanopartículas para obtenção de imagem biomédica e, conseqüente, auxílio na

² <http://www.rsc.org/Publishing/ChemTech/Volume/2008/10/combined_cancer_treatment.asp>.

³ <<http://opa.yale.edu/news/article.aspx?id=6121>>.

⁴ Além de se colocar além do limite da percepção humana direta, a nanoescala está também além da capacidade de muitas formas de sensibilidade técnica. As visualizações correntes da nanoescala são algo como uma designação inadequada. Por exemplo, Scanning Tunneling Microscopy, que tem sido usado para produzir “imagens” da nanoescala – e tem sido propalado como provendo a capacidade tecnológica básica necessária para a nanotecnologia – deve ser mais propriamente chamada de técnica de “caracterização”. Ao invés de visualizar a nanoescala, essa técnica produz representações através da manipulação direta de superfícies materiais”. (Kearnes & Macnaghten, 2007: 280).

⁵ “*Bottom-up manufacturing* envolve a edificação de estruturas, átomo a átomo, molécula a molécula”. Comparar com *top-down manufacturing*. Uma excelente explicação dessas duas técnicas pode ser encontrada no relatório *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties* produzido no ano de 2004 pela Royal Society e pela Royal Academy of Engineering.

produção de diagnósticos; engenharia de tecidos. Não podemos, todavia, deixar de mencionar um desenvolvimento recente resultante das trocas interdisciplinares entre a biologia e a nanociência. Associadas à engenharia de computação, esses dois campos da ciência estão dando origem a formas sintéticas de vida, ou para usarmos um termo que tem se popularizado, à biologia sintética. “Os cientistas prevêem que dentro de 2 a 5 anos será possível sintetizar qualquer vírus; a primeira de novo bactéria fará seu debut em 2007; dentro de cinco a dez anos genomas simples de bactérias serão sintetizados de modo rotineiro” (ESC, 2005: 1). O relatório acima citado lembra o fato de Craig Venter, o mago da biologia molecular no começo da presente década, financiado por recursos públicos e capitais de risco, ter montado companhias voltadas para a biologia sintética.

A idéia de convergência tecnológica, neste contexto, passa a ser percebida de duas formas distintas:

[...] as nanociências [...] influenciarão profundamente as outras disciplinas. Interdisciplinaridade emergirá devido precisamente à heurística da nanotecnologia e essa é exatamente a razão pela qual a convergência deve ser estimulada (SIG II – *Report on ethical, legal and societal aspects of the converging technologies*, julho 2005).

[...] convergência diz respeito ao conceito tecnológico da natureza humana. A heurística não diz respeito apenas a uma avaliação positiva do aumento do conhecimento. A convergência fornece explicitamente um valor moral comprometido. Esse conceito implica que convergência irá romper (deva romper) as fronteiras entre o homem, a natureza e os artefatos tecnológicos. Convergência diz respeito à metáfora de uma máquina pensante e ao ideal de melhoramento (*idem*).

Chamamos atenção para esta segunda percepção do significado da convergência tecnológica. Ela nos reporta inevitavelmente a uma literatura que vem sendo fartamente produzida no campo da sociologia da técnica acerca do que se convencionou chamar de trans-humanismo e à gama considerável de ponderações éticas que lhe são associadas:⁶

Novas nanotecnologias estão oferecendo agora novas intervenções para fazer nossos corpos fisicamente mais fortes, mais espertos, mais duráveis. Transhumanistas, que abraçam a noção de que mesmo o corpo mais sadio pode ser melhorado mediante o emprego de tecnologia [...], descobriram um novo

⁶ O já clássico *Manifesto Ciborgue* de Donnah Haraway, a produção recente de Habermas ou de Fukuyama e, no Brasil, o trabalho de Laymert Garcia dos Santos são aqui referências importantes que buscam analisar as conseqüências políticas e culturais daquilo que chamamos aqui trans-humanismo.

modo de pensar acerca da saúde. Para eles, qualquer corpo humano apresenta performance subnormal, a não ser que esse corpo tenha sido ‘aperfeiçoado’ tecnologicamente (ECT, 2006: 4).

E, mais adiante:

É na esfera da performance humana [...] que a convergência produzirá seu maior impacto e lucro. O que se tem em mente não é apenas eliminar a incapacidade e curar a doença, mas corpos mais fortes, mais velozes, que apresentarão uma melhor desempenho que o corpo que hoje é considerado o mais saudável e atlético (*idem*: 14).

Reteremos a informação contida nesta última citação, sem que para isso precisemos aceitar um futuro ou presente pós-humano –e o *embroglio* teórico que decorrem dessa aceitação–. Afirmaremos apenas que, de acordo com o relatório da ECT, a nanobiotecnologia parece acentuar drasticamente um traço que já podemos encontrar na medicina contemporânea: ter a *performance* dos corpos como horizonte de atuação e não apenas a busca da saúde. O largo uso de medicamentos neuropsiquiátricos, o uso de estimulantes sexuais, tais como o Viagra, indicam que o problema da medicina já não é apenas a doença dos corpos, mas como aumentar sua potência, capacidade de concentração, relaxamento, excitação.

Neste contexto, a idéia de convergência tecnológica entre nano e biotecnologia surge como promessa de novo paradigma tecnocientífico capaz de orientar a solução de grandes problemas teóricos, sociais, econômicos, médicos da contemporaneidade. Interessa-nos examinar, particularmente, os horizontes biopolíticos e biossociais implicados por esses desenvolvimentos. A análise desses temas configura um campo de saber-poder, com desdobramentos em torno de uma biossociabilidade e uma biopolítica, onde o que está em jogo não é apenas o “conhecer para poder atuar”, mas onde “conhecimento é intervenção” e “descrição é prescrição”.

DELIMITANDO UM CAMPO DE PROBLEMATIZAÇÃO: BIOPOLÍTICA E BIOSSOCIALIDADE

A temática do biopoder e da biopolítica, embora formulada por Michel Foucault para dar conta da emergência das sociedades modernas, consiste em marco teórico indispensável para pensar a cultura contemporânea. As releituras propostas por Giorgio Agambem acerca da soberania, e de Paul Rabinow e Nikolas Rose, acerca da biossociabilidade e do governo, entendendo que essa biossociabilidade

se articula em torno de uma politização da vida biológica, foram fundamentais para manter aceso o interesse pela hipótese de Foucault acerca das formas modernas de poder. Retomemos com mais atenção este conceito que temos usado sem maiores esclarecimentos. Permita-nos o leitor, portanto, um breve excursão.

A fim de explorar o campo de saber-poder que vem se configurando com a aproximação entre a biologia molecular e as nanotecnologias, bem como entender o modo a partir do qual elas passam a produzir o seu objeto de estudo, utilizamos a idéia foucauldiana de biopoder como fio condutor. Mas o que é biopoder? No primeiro volume da *História da Sexualidade*, Foucault contextualiza a emergência dessa forma de poder cuja lógica interna não seria exatamente repressiva. Como em diversos outros escritos, notadamente em *Vigiar e Punir*, ele contrasta a idéia de biopolítica com a forma soberana de exercício do poder. Neste último tipo de poder, o soberano obtém obediência de seus súditos mediante a ameaça constante de confisco sobre seus meios de vida e, em última instância, pelo temor de que ele venha decretar a pena de morte destes. 'O soberano faz morrer e deixa viver', é a fórmula foucauldiana para explicar esta lógica política. Em contraste, o poder que se estrutura no mundo moderno é um poder de fazer viver, de fazer proliferar a vida, mediante o seu controle ou regulamentação, e deixar morrer quando o controle sobre a vida biológica não for mais possível. A modernidade, de acordo com Foucault, inaugura uma forma nova de fazer política que não procura se legitimar pelo controle de uma vida dita cultural (ou *bios*), mas do controle sobre a vida biológica (ou *zoon*).

Foucault também enfatiza a dimensão 'molecular' do poder, descrevendo-o como uma rede de micropoderes, ou seja, disposições, funcionamentos sempre tensos, sempre em atividade, que não se localizam apenas nas relações do Estado com os cidadãos, mas se articulam em engrenagens complexas que recobrem todo o campo social. O ponto de aplicação mais imediato dessa rede de micropoderes é o corpo que, assim investido, mergulha no campo político, tornando-se uma força útil e produtiva. Adicionalmente, o biopoder se exerce como governo, investindo o corpo social através de tecnologias que tomam a vida para melhor assegurar-lá e protegê-la, regular, ordenar, gerir o que lhe é indispensável.

Essa idéia é evidentemente adequada para estudar o esquadramento e o controle das bases biológicas de várias tecnologias e áreas de investigação científicas contemporâneas, entre as quais, a biologia molecular e a nanobiotecnologia. É a partir dessa conceituação básica que podemos entender o motivo pelo qual a *História da Sexualidade* formula uma hipótese não-repressiva de poder sobre os corpos:

O poder que, assim, toma a seu cargo a sexualidade, assume como um dever roçar os corpos; acaricia-os com os olhos; intensifica regiões; eletriza superfícies; dra-

matiza momentos conturbados. Açambarca o corpo sexual. Há, sem dúvida, aumento da eficácia e extensão do domínio sob controle, mas também sensualização do poder e benefício do prazer. O que produz duplo efeito: o poder ganha impulso pelo seu próprio exercício; o controle vigilante é recompensado por uma emoção que o reforça (Foucault, 1988: 44-45).

Fala-se, discute-se, confessa-se, procura-se a verdade da sexualidade, na modernidade, porque é preciso fazer proliferar dispositivos capazes de coadunar a vida subjetiva com a lógica produtiva capitalista. E por isso, é possível compatibilizar a produção de corpos cada vez mais potentes com a mais completa submissão à lógica da reprodução.

Parece claro que a biotecnologia pode constituir um campo empírico de grande importância para apreciarmos a pertinência das observações de Michel Foucault. Ela também se orienta por uma lógica da proliferação, ela também busca coadunar controle e produtividade, ela também disponibiliza o corpo a partir de uma lógica que não pode ser entendida simplesmente como repressiva. Evidentemente, o que Foucault entendia por “tecnologias da vida” é algo distinto do que hoje caracteriza o paradigma molecular da biotecnologia –e, embora esse artigo não possa ser o lugar adequado para isso, é preciso aprofundar na observação e exploração teórica dessa distância–. Porém, as linhas gerais do seu argumento –de que o poder político legitima-se pelo controle da vida biológica– são ainda bastante fecundas (Ferreira, 2002).

Algumas revisões e aprofundamentos daquele conceito têm sido propostos pela filosofia e ciências sociais contemporâneas, sendo exemplares a coletânea organizada por Norris (2005) e a obra de Agamben (1997). O trabalho de Agamben é particularmente importante pela qualidade filosófica de sua contribuição. *Grosso modo*, ele procura ampliar o argumento de Foucault acerca da importância da vida biológica no estabelecimento de uma metafísica do poder no ocidente. Para isso, segundo ele, é preciso tornar a discutir a importância dos modelos de base jurídica que fundamentam a soberania, dos quais Foucault buscara se desprender (Foucault, 1988: 85). Ora, para ele o paradigma que orientava as formas de biopoder já não era o direito, e a legitimidade ou não do ato de decisão soberana, mas a medicina, as ciências da vida de um modo amplo, que passam a impor a administração da vida e dos corpos como tarefa política primordial.

O retorno que Agamben propõe, nomeadamente, à obra de Schmitt, à equiparação do político ao ato soberano, portanto, era precisamente o modelo do qual Foucault procurava se desligar. Ao se afastar desse referencial, outro distanciamento se produz: ao rejeitar a idéia de que o poder se estrutura em torno da decisão soberana, da decisão do chefe de Estado acerca de quem deve viver ou

morrer, Foucault não poderia considerar devidamente, argumenta Agamben, a dimensão tanatológica do biopoder e, portanto, perceber a lógica de poder que torna possível campos de concentração, políticas de segregação, higienização étnica de todo tipo. É necessário não subestimar o caráter centralizador das dinâmicas modernas de poder, não negligenciar sua dimensão tanatológica –o poder nas sociedades industriais não faz apenas viver–. O momento político, portanto, ainda é aquele em que o ato soberano decide quem merece viver e quem deve morrer; e o soberano ainda é aquele que conseguiria transitar, no ato de sua decisão, entre a vida digna de ser vivida e a vida biológica, que deve poder ser dispensada, estocada, colocada em estado de prontidão. Haveria em sua obra grandes silêncios sobre fatos como Auschwitz:

O judeu, sob o nazismo, é o referente negativo privilegiado da nova soberania biopolítica e, como tal, um caso flagrante de homo sacer, no sentido de que ele representa a vida da qual podemos nos livrar impunemente, mas não podemos sacrificar (Agamben, 1997: 125).

Exploremos, mediante um outro exemplo, as implicações da releitura proposta por Agamben: os vultosos investimentos que são feitos em nanomedicina não se traduzem no tratamento dos problemas de saúde que afetam a humanidade. Não estamos diante de um mal menos que se, por um lado, disciplinaria nossos corpos, nos faria gozar os prazeres da sociedade de consumo, significaria um investimento claro em nossa vida biológica. Considere-se a esse respeito, por exemplo a população que vive no sul do globo representa 80% do total de seres humanos, mas apenas 10% do mercado consumidor de medicamentos. Em 2005, a África participava deste mercado numa proporção de apenas 1,1%. Neste mesmo ano o Instituto Nacional de Saúde (INS) norte-americano destinou US\$ 20,3 milhões para apoiar o desenvolvimento do ViraGel. O ViraGel é um microbicida vaginal, estruturado em nanoescala e com capacidade de atuar como uma espécie de “velcro molecular” que impediria qualquer vírus de se conectar a uma célula viva. “Em 2006, o INS norte-americano anunciou que iria financiar um teste clínico para avaliar o desempenho do ViraGel na prevenção de herpes genital” (ECT, 2006: 33). O relatório do ECT questiona se poderíamos acreditar que esse medicamento venha a se tornar seguro e economicamente acessível às populações pobres do mundo. Na África, “trabalhadoras do sexo estão aplicando suco de limão em suas vaginas para tentar se proteger do contágio por HIV” (*idem*).

Acreditamos, no entanto, que a obra de Foucault pode ser aprofundada sem que para isso tenhamos necessariamente de pensar o poder à luz da decisão soberana, da necessidade de opor “amigo”-“inimigo”, “os nossos”-“os de fora” –ou seja, de encararmos os pressupostos metafísicos que orientam a obra de Carl

Schmitt como imperativo político do Ocidente—. Acreditamos ainda que elementos tanatológicos fundamentais podem e devem ser discutidos nas novas tecnologias de manipulação da vida, sem que para isso tenhamos de ter o campo de concentração como cristalização dos males que afligem a cultura tecnológica. Essa afirmação não implica na crença de que o campo de concentração e toda a lógica política que define o ato soberano como aquele capaz de matar seja uma possibilidade nas sociedades contemporâneas: vide Guantanamo, vide Abu-Ghraib. Significa dizer que a convergência entre nano e biotecnologia abre espaço para um deslizamento conceitual em que a morte não apenas se oferece como metáfora para pensar a vida (como perceberam Jonas e Foucault com respeito às ciências da vida). O espaço de convergência tecnológica é aqui o entre-lugar de constituição da diferença entre vivo e inanimado. Já não apenas falamos em tecnologias que promovem uma plena transitividade entre os *viventes*, como no caso da biologia molecular e na engenharia genética, porém uma área de indistinção entre o animado e o inanimado.

Se a medicina foi sempre considerada por Foucault como espaço de exercício do biopoder, deve-se concluir que essas transformações teriam um impacto político e cultural considerável. Lembremos de duas promessas da nanobiotecnologia: i. a perspectiva de longo prazo de que se possa prevenir qualquer degeneração do organismo humano; ii. a perspectiva de médio prazo de não haja mais um limite claro entre uma intervenção terapêutica e outra que visa ao melhoramento do desempenho do corpo humano. Essas duas possibilidades só surgem diante da negação entre uma distinção clara entre cultura e natureza, entre o meu organismo e a prótese tecnológica, entre o vivo e o morto. Lembremos um pouco Bergson: a liberdade do vivo radica na possibilidade de que ele venha a surpreender. Um fenômeno com um controle técnico radical pressupõe uma regularização oposta a uma tal definição.

Retomando os argumentos foucauldianos de *Em defesa da sociedade*, Rabinow e Rose (2003) também propõem articular a biopolítica a uma tanatopolítica. Isto porque, embora na racionalidade do biopoder o objeto seja a vida biológica e suas estratégias a regulação e a disciplina, articulam-se aí poder sobre a vida e sobre a morte. A agenda de prolongar a vida traz como correlato a possibilidade de igualmente “desabilitá-la”. Para tanto, seria decisivo, uma “atenção meticulosa aos detalhes das práticas de vida em morte que construímos, incorporamos e contestamos” (Rabinow e Rose, 2003: 25).

Rose utiliza a expressão ‘política molecular’ para explorar dois sentidos da biopolítica contemporânea: o fato de as práticas e transformações estarem se dando na escala do infinitamente pequeno –segundo vimos acima, a nanobiotecnologia atua no nível atômico–, configurando um mundo que ele chama de ‘pós-genômico’; e a constatação de que esses fenômenos moleculares são tornados

visíveis e transformados em determinantes de nossos humores, desejos, personalidades, patologias, sobretudo do que chamamos saúde, mobilizando novas técnicas e práticas terapêuticas que prometem não apenas alívio ou cura, mas correção e reprogramação de nós mesmos. A esse espraiamento rizomático, capaz de remodelar a sociedade e a vida, Rabinow nomeia biossociabilidade, “[...] uma rede de circulação de termos de identidade e lugares de restrição, em torno da qual e através da qual surgirá um tipo verdadeiramente novo de autoprodução” (Rabinow, 2002: 143).

EXPLORANDO UM CAMPO CONTROVERSO

O campo molecular em que a vida passa a ser selecionada, construída, sintetizada é hoje uma zona de indiferenciação em que o poder elabora sua dimensão tanatológica. Não é fortuito que seja nesse campo que a eventualidade da imortalidade biológica seja trazida à tona.⁷ Algo curioso de se observar é o modo como a dinâmica da vida vem sendo elaborada pela biologia molecular a partir do não-vivo. Uma seqüência de nucleotídeos não é algo vivo, embora possa informar a produção da vida. Por “contaminação”, várias tensões podem ser apreciadas: uma célula-tronco embrionária não é vida humana, embora seja vida. Se no capitalismo industrial a engrenagem, a máquina, a coisa inanimada seria *metáfora* do funcionamento da coisa viva, estamos agora diante de um nível da realidade em que o inanimado se coloca como condição de produção do vivo, como sua estrutura mais elementar, e isso não apenas como tropo lingüístico, mas como *realidade técnica*. A possibilidade de convergência entre a biotecnologia e a nanotecnologia é a existência de uma zona de indiferenciação entre o morto e o vivo. Estamos falando de átomos e de moléculas, de como estudar seu comportamento, como reorganizá-los de modo a obter novas propriedades da matéria inerte e animada a partir de uma mesma lógica. Por essa razão, nos relatórios científicos que apresentam cenários para a biotecnologia no curto, médio e longo prazos, as considerações acerca de segurança, possível toxicidade, dos materiais produzidos em escala nanométrica são uma constante —embora apareçam como consciência crítica um tanto reprimida pelas esperanças de biorremediação ou da descobertas de novas drogas a serem descobertas por intermédio dessas tecnologias.

⁷ O horizonte aberto por esta “imortalidade prática”, por oposição à imortalidade como sonho humano irrealizável, coloca-nos na posição de podermos produzir as mutações que poderão gerar outras formas de evolução e, simultaneamente, na posição de não termos controle sobre essa “totipotência” (Serres, 2003).

Em comparação à atenção que a biologia molecular obteve dos media,⁸ parece não haver riscos ambientais, éticos, econômicos, associados às nanotecnologias. Isto tem sido traduzido na ausência de forças sociais que pressionem por mecanismos legais que tratem da produção, comercialização e disponibilização de nanomateriais no meio ambiente. Aquela impressão, entretanto, não resiste a uma análise mínima dos possíveis efeitos colaterais do desenvolvimento desse tipo de tecnologia. Nanotubos, nanopartículas possuem características completamente distintas dos materiais que lhe deram origem. Essa é exatamente a sua qualidade física, econômica, médica, mais atraente. As propriedades emergentes dos nanomateriais, entretanto, podem significar um tipo novo de toxicidade, por exemplo, para o qual o organismo vivo esteja completamente despreparado. Nanopartículas podem se acumular em áreas dificilmente permeáveis de nosso organismo, tais como o nosso cérebro, sem que o nosso organismo possa sequer detectá-las. Decidir acerca da liberação de novos materiais com essas propriedades no meio ambiente é uma questão política no sentido que estamos aqui propondo. Em que medida estamos preparados para os riscos aqui envolvidos? Uma resposta a essa questão talvez possa ser esboçada se considerarmos as dificuldades que as empresas de resseguro têm para avaliar a dimensão econômica desses riscos (Martins, 2005). E risco aqui significa muito simplesmente a percepção de que não se pode mais oferecer garantias de que uma barreira entre o que deve viver e o que deve morrer possa ser construída.

Como já mencionamos acima, há evidentemente os entusiastas que acreditam na resolução de grandes problemas econômicos, médicos, ambientais por intermédio da convergência nanobiotecnológica e das tecnologias que daí prosperam. Abordagens críticas têm reivindicado espaço junto à discussão pública dos horizontes técnicos e sociais que se abrem. Nos países desenvolvidos, esses espaços têm sido garantidos de algum modo na elaboração de cenários que venham a orientar políticas governamentais na área. A lógica pragmática que norteia essa incorporação é a percepção de que os cientistas sociais podem adiantar muitas das tensões acarretadas pela introdução de inovações tecnológicas. Nada mais adequado que escutar, que aprender com exemplos recentes: o recurso à memória dos percalços enfrentados recentemente pela biotecnologia no que tange à produção e comercialização de transgênicos, à pesquisa com células-tronco, por exemplo, estimula uma nova relação entre as ciências duras e as ciências sociais. Isso não significa dizer que a crítica esteja condenada ao que poderíamos chamar de convivência.

Deste modo, destacaríamos inicialmente a *crítica ambientalista às nanotecnologias*. Algumas questões são postas, neste sentido: deveríamos aceitar que maté-

⁸ “A maior parte das matérias sobre tecnologia, pelo menos na mídia americana, é fornecida como press release pelas corporações que produzem a tecnologia ou produzem o bem do consumidor” (Martins, 2005: 79).

rias produzidas em escala nanométrica entrem na natureza sem termos certeza razoável de que essas substâncias não podem ter impactos ambientais sérios? Qualquer que seja nossa resposta, a verdade é que esses produtos já começam a circular no mercado mundial: tintas, cosméticos, componentes de computador, são apenas alguns exemplos. Uma nanopartícula não pode ser percebida pelas defesas imunológicas do organismo humano. Uma nanopartícula pode virtualmente atravessar barreiras biológicas bastante resistentes. Nosso organismo está apto a conviver com a possível toxicidade de substâncias engenheiradas em escala nanométrica? Já tivemos a oportunidade de propor uma leitura dessas mesmas questões à luz do conceito de biopoder e de uma compreensão dos possíveis princípios tanatológicos que ele estaria mobilizando. Enfatizaremos de modo mais claro a continuidade que existe entre essas duas dimensões do político na contemporaneidade. Primeiramente, digamos que a nanomedicina caminha sobre o estreito caminho que há entre as promessas de uma saúde indefinidamente aperfeiçoável e os riscos de que o morto, o inerte, contamine e inviabilize o vivo. Além disso, devemos lembrar, seguindo Foucault em sua fase mais arqueológica, que o morto é aqui o padrão através do qual analisamos e modificamos o vivo. É fundamental neste contexto que insistamos na questão do significado da vida na contemporaneidade. Utopias de imortalidade ou distopias de um mundo caótico e inóspito devem ser apreciadas a partir desta pergunta básica.

Um outro tipo de crítica circunscreve aspectos que geralmente fazem parte do espectro de preocupações da *economia política*: os vultosos investimentos que são feitos em nanomedicina não a tornarão uma possibilidade para tratar problemas de saúde que afetam a humanidade. Poderíamos comparar a capacidade de investimento dos países desenvolvidos e subdesenvolvidos ou em desenvolvimento no que diz respeito à apropriação e produção de inovações tecnológicas neste campo. Em 2006, o investimento dos EUA em nanotecnologia foi da ordem de US\$ 1,3 bilhões, o Japão e a União Européia investiram aproximadamente US\$ 1 bilhão cada. (ORCAS workshop, "Nanotechnology Applications in Environmental Health", 2006: 14). Segundo dados do Ministério da Ciência e Tecnologia, no triênio 2004-2007, o Plano Plurianual alocou para o Programa de Nanotecnologia brasileiro aproximadamente R\$ 78 milhões. Tecnologia para quê? Quem está se beneficiando com esse progresso?

Uma terceira perspectiva crítica seria aquela que enfatiza *aspectos éticos* da convergência tecnológica. É notório o quanto o desenvolvimento recente da biologia molecular e seus diversos desdobramentos técnicos suscitaram grandes controvérsias éticas. Talvez a possibilidade teórica de produzir órgãos e tecidos para transplante a partir de células-tronco embrionárias tenha sido o ponto mais alto de questões que envolviam: o direito de patentear informação genética de plantas selecionadas culturalmente (ou biopirataria), de comercializar infor-

mações genéticas de seres humanos, de produzir seres transgênicos ou ressuscitar seres extintos (como o tigre da Tasmânia). A nanobiotecnologia vive estes mesmos dilemas éticos e ainda outros.

Se os novos modelos moleculares da vida são simultaneamente técnicos e representacionais –no sentido de que possibilitam intervir no mesmo ato de conhecer– vale lembrar que a esta intervenção está conectada toda uma rede sócio-técnica que articula diversos actantes: instrumentos de pesquisa, laboratórios, indústria, governo, financiamentos, produzindo o que se pode chamar de ‘biovalor’: a produção de um *surplus* para além da própria vitalidade da vida (Waldby, apud Rose, 2001). Uma vida híbrida, que se torna simultaneamente *commodity*, passível, portanto, de comércio, patenteamento e pirataria. Não deveria nos surpreender que, ao mesmo tempo em que as intervenções nanobiotecnológicas “fabricam a existência”, no sentido de que escolhas que produzem o vivo são ali definidas e implementadas, a decisão acerca do que é a vida seja também hoje uma matéria jurídica (e não apenas “uma descoberta da medicina”), da qual os próprios laboratórios de pesquisa podem se beneficiar, inclusive patentando linhagens de células isoladas a partir de material de análise.

Os fragmentos de DNA replicados, manipulados e reconstruídos *in vitro* pelas técnicas de recombinação são ‘vida’ – e, ainda, ‘vida humana’? Os médicos podem patentear e se beneficiar da linhagem de células isoladas a partir do tumor da medula óssea de John Moore? (Rose, 2001: 15).

Um dos argumentos que parece sustentar os desenvolvimentos da nanomedicina é a melhoria do desempenho físico e mental do ser humano. Vale perguntar: teríamos esse direito? Que novas e terríveis formas de desigualdade social estariam sendo produzidas assim que esta possibilidade se converta em realidade? E mesmo, como argumenta Michel Serres (2003) ao problematizar as promessas de perfectibilidade e imortalidade próprias às novas biotecnologias, nossos filhos irão nos perdoar por estas escolhas?

E aqui talvez resida uma questão crucial, capaz de fornecer algumas pistas para o aprofundamento dos temas que pudemos aqui apenas esboçar, envolvendo as relações entre biopolítica e tanatopolítica. Pois as discussões contemporâneas, ao oporem ou mesclarem o *vivo e o não-vivo*, parecem estar produzindo um sutil, porém decisivo deslocamento em relação à distinção entre *vida e morte*, tal como proposta por Foucault e retomada por aqueles que buscam repensar, mesmo que por vieses diferenciados, a biopolítica contemporânea. Não se trata apenas, no entanto, de uma redefinição do que seja vida e morte, mas de considerar a própria idéia de que a morte e o horizonte da finitude teriam ‘desaparecido’ da constituição subjetiva contemporânea, em prol de técnicas e práticas que

nos permitem falar (e nos conceber) em termos de reprogramação ou desligamento. O que parece estar em jogo são as ressonâncias entre os mecanismos capazes de produzir ou desabilitar a vida em nível nanométrico –lugar da indiferenciação entre vivo e não-vivo– e o âmbito em que a questão biopolítica vem sendo formulada, e que requer uma problematização acerca das diferenciações entre morto e não-vivo –sob o risco de que a indiferenciação se transmute em indiferença.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agamben, G. (1997), *Homo Sacer. Le pouvoir souverain et la vie nue*, vol. 1, Paris, Senil.
- (2006), *A Linguagem e a Morte*, Belo Horizonte, Editora da UFMG.
- (2004), *Estado de Exceção*, Rio de Janeiro, Boitempo.
- Bodwitz, H. J., H. Buurma, y G. H. Vries (1999), “Regulatory science and the social management of medicine”, en W. Bijker, T. Hughes y T. Pinch (eds.), *The social construction of technological systems*, Massachusetts, The MIT Press.
- Callon, M. (1999), “Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis”, en Bijker, W., T. Hughes y T. Pinch (eds.), *The social construction of technological systems*, Massachusetts, The MIT Press.
- ECT - Action Group on Erosion, Technology and Concentration (2007), *Extreme Genetic Engineering: An Introduction to Synthetic Biology*, <www.ectgroup.org>.
- Ferreira, J. (2002), “O Alfabeto da Vida. Da reprodução à produção”, *Lua Nova*, 55-56, pp. 219-240.
- (2003), “A Produção de Memória Biotecnológica e suas Conseqüências Culturais”, *RBCS*, vol. 18, Nº 53, pp. 97-109.
- (2006), *Nanotech Rx. Medical Applications of Nano-scale technologies: What impact on marginalized communities?*, disponível em <www.ectgroup.org>.
- Foucault, M. (1988), *História da Sexualidade. A vontade de saber*, vol. 1, Rio de Janeiro, Graal.
- (1998), *O Nascimento da Clínica*, Rio de Janeiro, Forense-Universitária.
- (2002), *Vigiar e punir*, Petrópolis, Vozes.
- (2002b), *Em defesa da sociedade: curso no Collège de France (1975-1976)*, São Paulo, Martins Fontes.
- Jonas, H. (2004), *O Princípio Vida. Fundamentos para uma biologia filosófica*, Petrópolis, Editora Vozes.
- Latour, B. (2000), *Ciência em Ação*, São Paulo, UNESP.
- , (2001), *A Esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos*, São Paulo, EDUSC.

- Kearnes, M. y P. Macnaghten (2007), "Introduction: (Re)Imaging Nanotechnology", *Science as Culture*, vol. 15, pp. 279-280.
- Martins, P. R. (ed.) (2005), *Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente. 1º. Seminário Internacional*, São Paulo, Associação Editorial Humanitas.
- (ed.) (2006), *Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente. 2º. Semináriosoma*, São Paulo, Xamã.
- MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia (2003), *Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia*, disponível em <www.mct.br>.
- NTI – National Nanotechnology Initiative (2005), *Nanobiotechnology: Report of the National Nanotechnology Initiative Workshop, 9-11, 2003*. USA, NSCT.
- Rabinow, P. (2002), *Antropologia da Razão*, Rio de Janeiro, Relume-Dumará.
- y N. Rose (2003), "Foucault Today", en Rabinow, P. y N. Rose (eds), *The essential Foucault: selections from the essential works of Foucault, 1954-1984*, Nova York, New Press.
- Rose. N. (2001), "The politics of life itself", *Theory, Culture & Society*, vol. 18, N° 6, pp. 1-30.
- The Royal Society & the Royal Academy of Engineering (2004), *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*.
- Serres, M. (2003), *Hominiscências – o começo de uma outra humanidade*, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.
- SIG II (2005), "Report on ethical, legal and societal aspects of the converging technologies".

Artículo recibido el 1° de diciembre de 2008.
 Aceptado para su publicación el 1° de febrero de 2009.

CAPACIDAD TECNOLÓGICA, IMPLICACIÓN Y PARTICIPACIÓN: A PROPÓSITO DE LA NANOTECNOLOGÍA

FERNANDO TULA MOLINA*

SERGIO BARBERIS**

FEDERICO VASEN***

GUSTAVO GIULIANO****

RESUMEN

El presente trabajo tiene un objetivo doble: a) llamar la atención sobre la urgencia de reflexionar sobre el desarrollo y las consecuencias de las nuevas tecnologías, a propósito de los avances en el campo de la nanotecnología; y b) proponer un nuevo contexto de análisis socioepistémico, el *contexto de implicación* como plataforma conceptual cuyas distinciones pueden contribuir al marco común de esta compleja reflexión.

De modo general, el trabajo reflexiona sobre cómo actuar colectivamente sobre el rumbo de las líneas de innovación tecnológica y sus prácticas asociadas, y propone algunos métodos para trabajar al respecto.

PALABRAS CLAVE: NANOTECNOLOGÍA – CONTEXTO DE IMPLICACIÓN – POLÍTICA TECNOLÓGICA – PARTICIPACIÓN DEMOCRÁTICA

Nunca soplan vientos favorables para quien no tiene rumbo.
(Séneca)

Solo yendo demasiado lejos no irás a ningún lado (Francis
Bacon y luego T.S. Eliot)

INTRODUCCIÓN

Sin dudas se trata de un análisis complejo, tanto si consideramos tales relaciones de modo general, como si las abordamos a través de instancias concretas: la

* Profesor asociado de la Universidad Nacional de Quilmes, Investigador del CONICET. <ftulamolina@gmail.com>.

** Becario doctoral CONICET/UBA.

*** Becario doctoral UBA-UNQ-CONICET.

**** Profesor titular de la Universidad Católica.

urgencia se refiere a que nuestra sociedad posee una capacidad tecnológica (capacidad de transformación de lo existente) mayor de la que parece poder orientar con sentido de desarrollo colectivo y disminución de los riesgos emergentes. Este trabajo reflexiona sobre el problema de cómo actuar en el rumbo de las líneas de innovación tecnológica y sus prácticas asociadas. Con el fin de ilustrar mejor este punto, nos referiremos a los desarrollos nanotecnológicos, dado que es allí donde se encuentra exaltada en mayor grado la posibilidad efectiva de control pleno de la naturaleza, a través de la posibilidad de revisión de las transformaciones moleculares, permitiendo que estas respondan a diseño. Sin embargo, más allá del entusiasmo que generen tales capacidades, tanto desde las disciplinas académicas como desde los propios actores involucrados, hay claras señales de advertencia sobre el carácter incierto de la dirección que tomarán las iniciativas en nanotecnología.¹ Aquí será necesario distinguir entre la cuestión sobre la capacidad de discriminación y control a escala atómica de las nanotecnologías, y los problemas éticos y sociales emergentes. El hecho de que la reflexión colectiva al respecto no pueda demorarse está en relación directa con la velocidad de tales desarrollos y la gran capacidad de transformación que posibilitan.

Tales afirmaciones requieren precisión, por lo que es necesario comenzar con las siguientes aclaraciones preliminares.

a) La nanotecnología está tomada como el caso actual de desarrollo tecnológico donde parece cumplirse en mayor grado el ideal de “control tecnológico”, por ejemplo, la posibilidad, en principio, de control absoluto de la materia (véase Drexler, 1993). La posibilidad de *diseño* a escala molecular fue inédita hasta la aparición de las nanociencias y nanotecnologías. De todos modos, las consideraciones siguientes pueden hacerse de modo general para toda innovación tecnológica.

b) Al hablar de *desarrollos tecnológicos* se está pensando aquí en el resultado de una interacción entre al menos tres polos, uno cognitivo, otro político y el mercado. Esta división coincide con la intuición fundamental de las redes tecnocientíficas de Michael Callon, pero no profundiza ni adopta su modelización sobre la dinámica de tales redes.

c) Al hacer referencia al carácter incierto del rumbo tecnológico, el énfasis no está puesto en el carácter falible de las teorías —de lo cual se ha ocupado extensamente la epistemología—, sino en tomar en cuenta las variables políticas y estra-

¹ Creemos que es este reconocimiento el que se encuentra en las preocupaciones compartidas de los editores de la revista de filosofía de la química *Hyle* (J. Schummer y D. Baird) y del de la revista de filosofía de la tecnología *Techné* (J. Pitt), al editar un volumen conjunto *Nanotech Challenges* (<<http://www.hyle.org/journal/issues/10-2/>>). Igual sentido se puede observar en el texto de José Manuel Escalante (2003).

tégicas sobre las que actúan los diferentes actores involucrados en cada desarrollo específico. En tal sentido, para lograr articular capacidades en función de objetivos comunes, la política de I+D+i enfrenta una complejidad que excede con creces la dimensión epistemológica, y en general, la estrictamente académica.

d) Para enfrentar esta complejidad no seguiremos el camino de la búsqueda conceptual de criterios universalizables (justificación, racionalidad, progreso, etc.). La razón para esto no reside solo por la dificultad en alcanzarlos, sino porque aquí pretendemos rescatar la variedad de estrategias cognitivas y tecnológicas, cuya elección no depende del cumplimiento de criterios, sino que responde a núcleos axiológicos más profundos, cuya legitimidad depende de poder integrarlos con sentido de desarrollo colectivo.

e) El punto anterior liga la preocupación sobre el rumbo tecnológico a su discusión en sentido democrático. En esa dirección, se considera más profundo el sentido de “democracia”, referido a que somos todos diferentes, y no todos iguales.²

f) Teniendo esto en cuenta, el modo en que las preferencias y valores personales pueden instituirse en valores sociales, y cómo estos interactúan con los valores epistémicos, es central para rescatar esta dimensión que liga lo democrático a la política tecnológica.

g) El modelo de Lacey (1999) tiene estas características, por ejemplo, sin buscar criterios absolutos, y orientándose por una consideración sobre fines –tanto de la ciencia como de la sociedad–, integra conceptualmente, de un modo fructífero y claro, la interacción entre valores personales, sociales y cognitivos en los desarrollos tecnológicos, por lo que servirá de marco inicial para este trabajo.

Tales precisiones apuntan a un campo de reflexión en el que se vuelven centrales los problemas relacionados con los fines, objetivos y rumbo del desarrollo tecnológico. Un ejemplo central de este campo de reflexión lo constituye la discusión actual sobre el *principio de precaución*, por ejemplo, el modo de regular “cuándo” una innovación tecnológica debe aprobarse –y consiguientemente, *legitimarse*– a partir de considerarse carente de riesgos, o al menos de riesgos que merezcan la pena ser asumidos y enfrentados. Sin embargo: ¿quién o quiénes determinan tales tiempos de aceptación de un nuevo desarrollo y de sus prácticas asociadas? ¿Quién lo que es beneficioso y los riesgos que merecen afrontarse? ¿Quién lo óptimo? ¿Cómo darle sentido colectivo y no meramente corporativo a tales preguntas? Las respuestas a tales interrogantes dependerán de los valores que guíen nuestros argumentos –orden del discurso– y, en un sentido más profundo, nuestras actitudes frente al otro –por ejemplo, nuestra conducta social.

² En el sentido de Castoriadis (2005).

Por ejemplo, en la medida en que la velocidad sea un objetivo, los desarrollos que nos permitan hacer la misma operación en menos tiempo, serán, de modo general, incentivados y promovidos. Sin embargo, no todas las sociedades tienen el aumento de la velocidad como objetivo. Y aun si específicamente pensamos en sociedades de base capitalista como la nuestra, donde efectivamente siempre es deseable que los recursos se acumulen en el menor tiempo posible, aún así, la velocidad no será valorada de la misma manera desde el polo académico cognitivo, que desde el político o desde el mercado. En tal sentido, hablar de valores sociales es hablar de la tensión entre diferentes valoraciones, entre quienes obtienen rédito económico, prestigio u otro, del hecho de que tal desarrollo se implemente, y quienes no alcanzan a ver sus beneficios o prefieren priorizar las consideraciones de prudencia y tiempos adecuados a los fines colectivos. De este modo, en una controversia académica o técnica sobre la implementación del principio de precaución, tales actores elaborarán –en la mayoría de los casos– discursos acordes a su propia posición frente a cada uno de los polos mencionados.

CONTEXTO DE IMPLICACIÓN Y NANOTECNOLOGÍA

En el caso de la nanotecnología, podemos ver la percepción que algunos de los propios actores tienen sobre los problemas generados a partir de la gran capacidad tecnológica que disponen, observando las apreciaciones de la Red Internacional de Nanotecnología y Sociedad (International Nanotechnology and Society Network, INSN). Esta red nuclea organizaciones e individuos con el propósito de hacer avanzar el conocimiento, promocionar la innovación institucional y comprometerse con los procesos políticos y toma de decisiones sobre los impactos sociales de las nanotecnologías. Sus miembros comparten la necesidad de difundir el valor de la nanotecnología para catalizar un cambio social rápido y profundo. Para tal fin, promueven fortalecer las relaciones entre las ciencias sociales, las naturales y la ingeniería, con particular énfasis en los aspectos institucionales que permitan el gobierno anticipado, la respuesta reglamentada y la distribución justa de los beneficios potenciales.

En su sitio de internet (<<http://www.nanoandsociety.com/>>) se encuentran los cinco *framing papers* que integran conceptualmente los presupuestos, las aspiraciones y el horizonte intelectual del trabajo a realizar. Entre ellos, se encuentra el trabajo de James Wilsdon y Rebecca Willis, “See Through Science: why public engagement needs to move upstream”, donde los autores se refieren a las lecciones de las que son necesario aprender, y los errores que debemos procurar evitar, observando que

No importa cuán bien manejemos un nuevo desarrollo, la controversia no va a desaparecer. Dificilmente los míticos alcancemos puntos de consenso, el terreno común para el progreso productivo tras el cual todo el mundo pueda incluirse en un mismo orden. Un desafío es reconocer que nos basamos en el cuestionamiento constante y en la innovación a la que conduce. En lugar de apartarse de la empresa científica y tecnológica por temor a la incerteza que le acompaña, debemos trabajar para crear las condiciones para que la ciencia y la tecnología prosperen. Simultáneamente, el desafío consiste en generar nuevos abordajes para el gobierno de la ciencia que pueda aprender de los errores del pasado, enfrentar mejor la complejidad social, y dominar los impulsos del cambio tecnológico para el bien común (2004: 24).

Esta cita plantea dos desafíos que buscan enfrentarse con la plataforma conceptual que se propondrá como *contexto de implicación*: a) crear condiciones para la prosperidad [de la ciencia] y de la tecnología a pesar de las incertezas,³ y b) generar nuevos abordajes que enfrente la complejidad social y gobierne los impulsos del cambio tecnológico (hacia el bien común).

Este trabajo está principalmente centrado en el segundo desafío, el cual se considera abarca el primero, pero toma en cuenta también los aspectos y consecuencias no epistémicas de los desarrollos tecnológicos. En este sentido, el objetivo es contribuir a acrecentar la participación de la sociedad en la toma de decisiones sobre el rumbo del sector I+D. Esta tarea requiere profundizar la desmitificación de los desarrollos tecnocientíficos como empresa “libre de riesgos”, y tomar conciencia de la fragilidad de algunos de los diseños tecnológicos, como de sus criterios y mecanismos de control. Como observa E. Agazzi, en tanto actividad humana, estos desarrollos están

[...] sujetos a los altibajos, condicionamientos, compromisos, e instrumentalizaciones, no menos que a los altos ideales de las aspiraciones desinteresadas [...] Actividad que se juega en el terreno de las elecciones, exclusiones, asunciones de responsabilidad, lucha por ideales e ideologías (1996: 27).

Consideramos que la necesidad del debate plural sobre ideales, objetivos, capacidades y riesgos aumenta en relación con la capacidad de transformación de lo existente de cada desarrollo (capacidad tecnológica). En el caso de la nanotecnología, tales capacidades incluyen: a) diseño de dispositivos a escala molecular y control a partir de su respuesta a señales externas; b) control de la electrónica molecular permitiendo la interacción con la biotecnología y la generación de

³ En este artículo, nos ocuparemos solamente del caso de la tecnología. Tampoco profundizaremos en una cuestión colateral aunque interesante de notar de la cita en tanto plantea que el temor a la incerteza –en ciencia y tecnología– sería motivo para abandonar la empresa.

sistemas híbridos; c) control de la reproducción y autoreproducción de tales diseños moleculares.

Como se señaló en la introducción, uno de los principales promotores de la nanotecnología, Drexler, consideró que con esta tecnología finalmente se había alcanzado el ideal tecnológico de “control efectivamente completo de la materia”. Este enunciado es importante por su contenido tecnológico –capacidad plena de dominio de la materia– pero, para los fines de este trabajo, es aun más importante por su valor simbólico, que liga tal capacidad a la eficacia tecnológica, y esta a su base cognitiva proporcionada por las teorías involucradas. En este sentido, debe quedar claro que no se trata aquí de cuestionar directamente tal contenido cognitivo ni –en sí misma– la eficacia de las prácticas asociadas, sino de poner de manifiesto que bajo tal idea de “control eficaz de la materia” se encuentra una gran incerteza sobre el rumbo y el sentido con el que se diseñarán y desarrollarán las aplicaciones nanotecnológicas.

En el contexto de implicación son importantes las consideraciones cognitivas sobre la justificación de las teorías y los modelos (criterios y valores de elección, grados de incerteza, márgenes de error), pero se considera, además, el aspecto político por el cual se incentiva o se crean condiciones favorables para ciertas líneas de investigación y desarrollo y no para otras. Se entiende la política como actividad encaminada a orientar capacidades concretas hacia fines posibles, siendo sensible tanto a las variables concretas del entorno local, los objetivos sociales y el mercado. El problema político puede formularse, entonces, del siguiente modo: ¿cómo pueden adjudicarse las afirmaciones de los individuos, las corporaciones, el Estado y otros grupos involucrados? ¿Cómo equilibrar los intereses, los valores, las necesidades y las responsabilidades? Estas preguntas afectan el rumbo colectivo de la sociedad, en relación con sus capacidades tecnológicas, y pueden integrarse en una pregunta más general: ¿qué *implicancias* tienen las prácticas tecnológicas para los diferentes segmentos de la sociedad, las generaciones futuras y los ecosistemas? Es esta interrogación la que estructura lo que llamamos *contexto de implicación*.

El término “implicación” debe entenderse siempre como respuesta a la pregunta ¿qué podemos representarnos como consecuencia? En este sentido, tiene un carácter plural por la variedad de niveles en los que podemos hacernos tal pregunta y por la pluralidad de valores con los que los diferentes actores pueden asociar sus respuestas. En tal sentido, se diferencia tanto de la predicción científica, como de la necesidad lógica. Por otra parte, también debe tenerse en cuenta la connotación que lo vincula con implicarse y participar. Y esto es así dado que solo mediante la participación efectivamente elegimos un futuro tecnológico orientado hacia el desarrollo colectivo. La pasividad frente al rumbo tecnológico puede acercarnos a un futuro hacia el bienestar de los pocos que pueden acceder a sus beneficios.

Por lo dicho, son dos las preguntas centrales: ¿qué implicancias tienen las prácticas tecnológicas innovadoras para la sociedad que las genera?, y ¿qué es necesario hacer para que las nuevas capacidades tecnológicas contribuyan efectivamente a avanzar en el cumplimiento de las metas y valores sociales?

Las respuestas, claramente, serán diferentes según los niveles de análisis y valores esgrimidos por los diversos actores. Desde el punto de vista de este trabajo, a diferencia de la *uniformidad*, la *diversidad* se considera benéfica, en tanto amplía nuestro juego y nuestros recursos tanto intelectuales, como emocionales y materiales. En tal sentido, no se trata de discutir la eficacia como un bien deseable (en contraposición a la ineficacia), sino de encontrar medios para evaluar el costo que se paga por intentar siempre *maximizarla* y, más aun, los medios para acordar los horizontes simbólicos sobre los que evaluar los propios criterios de optimización.

Llegados a este punto, vemos parte de la compleja trama en la que se asienta toda respuesta a la pregunta ¿cómo debemos entender que la ciencia y la tecnología *prosperen*? En lugar de emprender la crítica intelectual de las definiciones posibles de progreso, preferimos señalar aspectos que contribuyan al debate democrático sobre la tecnología: por ejemplo, sobre las formas de incorporación de los diferentes modos de valorar la importancia, significado y consecuencias de las prácticas tecnológicas innovadoras en nuestras vidas. En este sentido, la respuesta “si funciona mejor, es mejor” –núcleo del discurso tecnológico– resulta claramente insuficiente si procuramos evaluarla en el contexto más amplio de lo que implica (requiere y produce) tal mejor funcionamiento. La eficiencia y eficacia de las aplicaciones tecnológicas se generalizan simbólicamente bajo este supuesto, haciendo parecer obvio aquello que esconde una falacia: que ciertas aplicaciones funcionen mejor que otras no supone siempre que estemos mejor en un sentido integral. Es por este motivo que la discusión sobre cómo determinar “lo mejor” (óptimo, ideal) o lo más urgente o importante debe considerarse una discusión política.

A diferencia de lo sugerido en la cita de Wilsdon y Willis, no pensamos que la prudencia deba abandonarse como valor general que contribuya a articular con sentido colectivo las valoraciones particulares. Más allá de la discusión intelectual, tal prudencia es explícitamente reclamada por los propios integrantes de la sociedad, sobre quienes impactan las consecuencias de las prácticas innovadoras. Y es justamente por este motivo que ocupa un lugar central la manera de aplicar el principio de precaución. Al respecto –como se verá más adelante– un aporte específico de este trabajo consiste en: a) distinguir entre riesgo tecnológico y riesgo social, y b) defender que las consideraciones sobre precaución deben realizarse en ambos ámbitos y no solo en el tecnológico.

Desde la perspectiva de este trabajo, la *conciencia de los riesgos* involucrados

pueden surgir las acciones responsables en el sentido pleno.⁴ Esta afirmación tiene también un sentido socrático, en el que la ignorancia es vista como el peligro mayor, sobre todo cuando se asocia con la confortable sensación de que la mayoría de las cosas funcionan. Tal ignorancia –tanto por desconocimiento, como por exceso de confianza sobre los desarrollos tecnocientíficos– genera desinterés y pasividad. Y es en este sentido fundamental en que perdemos toda posibilidad de avanzar hacia el segundo desafío planteado (nuevos abordajes para gobernar el cambio tecnológico hacia el bien común). Y esto porque sin participación, no aflora la diferencia, la complejidad social queda desdibujada y silenciados los valores constitutivos de las prácticas sociales sobre las que impactan las prácticas tecnológicas, sus mecanismos y diseños.

EFICACIA Y LEGITIMIDAD: ALTERNATIVAS Y ELECCIÓN

En cualquier caso, lo importante es saber que hay alternativas, que el rumbo de la relación entre tecnología, mercado y sociedad puede modificarse bajo la condición de la participación. También es importante tomar conciencia de los riesgos involucrados, evitando así la pasividad y la ignorancia. En este sentido, adherimos a las palabras aún vigentes de Cohen al señalar que:

Estamos lejos de una comprensión satisfactoria de las alegrías y tristezas, los logros y las frustraciones de la saga tecnológica de las sociedades modernas. Debe haber todavía alternativas entre las tecnologías y debemos trabajar como científicos, tecnólogos y filósofos, y prever los peligros y las oportunidades, para elegir con el sentido de todavía genuina posibilidad de cumplir valores humanos (1983: 47).

Aquí quisiéramos señalar que por sobre el nivel propiamente epistémico del análisis de las prácticas científicas, una variable determinante es el propio *ideal de conocimiento* involucrado. Los diferentes actores valoran de modo diferente los desarrollos tecnológicos, posicionándose y argumentando de manera distinta frente a la necesidad y velocidad de implementación de nuevos desarrollos y prácticas, así como sobre la cantidad de recursos que es necesario invertir o riesgos que son necesarios asumir. Es importante notar cómo los propios ideales de conocimiento pueden generar representaciones diferentes de la ciencia y

⁴ En el sentido en que Lacey se refiere a la comprensión plena (*full understanding*) como aquel en el que el objetivo está en la comprensión de los múltiples aspectos y niveles del objeto o sistema (por oposición al que se concentra casi con exclusividad en los aspectos, en general cuantitativos, compatibles con las leyes y el conocimiento técnico disponible). (Véase 1999: 99).

su proceder (véase Tula Molina, 2006). Por ejemplo, el ideal empirista de conocimiento nos conduce a pensar, y buscar pensar, teorías que expliquen cada vez más y que podamos contrastar al máximo hacia una representación única de la realidad.

Es en este nivel metaepistémico que Lacey distingue diferentes *estrategias cognitivas*, criticando el carácter descontextualizado de las “estrategias materialistas” habituales que se sigue en la evaluación tecnológica:

Las teorías se restringen a aquellas que representan fenómenos, y las posibilidades en términos que manifiestan legalidad, por lo que lo hacen usualmente en términos de poder ser generadas por estructuras subyacentes (y sus componentes), procesos, interacciones y las leyes –característicamente matemáticas– que las gobierna. Al representar los fenómenos de este modo, los descontextualiza, disociándolos de cualquier lugar que ellos ocupen en relación con las configuraciones sociales, vidas humanas y experiencia, de toda relación con valores (evitando manifestar categorías teleológicas, intencionales, valorativas o sensoriales), y de toda posibilidad ecológica, humana y social que pueda estar abierta. Llamaré a este tipo de posibilidades que pueden captarse por las estrategias materialistas, estrategias descontextualizadas (2005: 30).

La alternativa a esta visión requiere integrar el nivel epistémico con un ideal humanista de conocimiento, donde la finalidad esté puesta en apoyar la educación pluralista para el cultivo de la individualidad y el crecimiento colectivo (véase Tula Molina, 1995). En este sentido, a diferencia del ideal empirista focalizado en el conocimiento experto, conduce a que todos los actores involucrados tengan la posibilidad de participar y de ser escuchados (véase Tula Molina, 2006). Y dada la variedad de puntos de vistas integrados, a diferencia del ideal empirista, éste ideal es afín al objetivo de la *comprensión plena* (*supra* nota 4). Vemos, entonces, que los diferentes ideales de conocimiento articulan simbólicamente, por ejemplo, a través de sus representaciones asociadas, los niveles epistemológico y político de la dinámica tecnológica.

Esta consideración integra aspectos tanto epistémicos como sociales y humanos. En este sentido, ya no toma como objeto central del análisis la manera de entender lo empírico no dogmático de las prácticas científicas, sino que pone en primer término la discusión sobre cuál es la relación entre el rumbo de la tecnociencia y el rumbo de la sociedad. Aquí las preguntas no son ya del tipo “¿cómo sé que tengo una imagen cada vez más verdadera del mundo?”, sino del tipo “¿en qué casos la tecnología contribuye a la cohesión social y en cuáles no?”.

La perspectiva de este trabajo busca asociar mayores capacidades críticas para orientar con coherencia el avance tecnológico dentro de la sociedad. Para este fin,

se vuelve imprescindible desligar la idea de eficiencia y eficacia tecnológica⁵ del conjunto de los *finés en sí mismos*, en el sentido de que su utilidad como indicadores técnicos de prestaciones mayores, no indican necesariamente avance en un sentido integral y colectivo. Y esto en razón de que la elección de los elementos constitutivos del conjunto de fines no es una cuestión técnica, debiendo permitirse que su valoración quede sujeta a otras respuestas más fundamentales sobre el sentido de la existencia humana, de la relación del hombre consigo mismo, con los demás, y con su entorno (tanto inmediato como futuro). En este sentido compartimos la perspectiva de Feenberg al decir que:

Una buena sociedad debería aumentar la libertad personal de sus miembros, permitiéndoles participar efectivamente en un espectro de actividades públicas cada vez más amplio. En su más alto nivel, la vida pública implica elecciones sobre lo que significa ser humano. Hoy tales elecciones están cada vez más mediadas por decisiones técnicas. *Lo que los humanos son y serán se decide en la forma de nuestras herramientas no menos que en las acciones estatales y los movimientos políticos*. El diseño de la tecnología es así, una decisión ontológica cargada de consecuencias políticas. La exclusión de la vasta mayoría de la posibilidad de participar en estas decisiones es profundamente antidemocrático (2002: 3).

Por otro lado, en la medida en que no construyamos colectivamente, con participación democrática, el rumbo de los desarrollos tecnológicos, este queda librado a las luchas de intereses y la competencia por los mercados. Como se aclaró antes, los desarrollos tecnológicos son entendidos a partir de la tensión entre al menos tres polos: uno cognitivo, otro político y el mercado. Los tres buscan apropiarse del discurso legitimador “nueva tecnología para un mundo mejor”, enfatizando aspectos diferentes. En el primero, se enfatiza que la eficacia tecnológica se obtiene solo a través del conocimiento genuino; el segundo destaca que los objetivos colectivos están asociados al desarrollo tecnológico; el tercero, utiliza tal discurso para garantizar la continuidad y ampliar los mercados existentes.

Es en este punto donde resulta necesario repensar la relación entre *bienestar* y *bien común*, si queremos participar de una sociedad no centrada en lo individual sino en lo colectivo. Sin embargo, a medida que las preguntas se vuelven más complejas, hay más elementos interrelacionados y más respuestas posibles: ¿es legítimo patentar genes? (mecanismos de control), ¿es legítimo esterilizar las

⁵ Siguiendo la tradición analítica en filosofía de la tecnología, en este trabajo distinguimos los conceptos de *eficiencia* y *eficacia*, usualmente empleados como sinónimos en el lenguaje coloquial, como dos indicadores técnicos diferentes: la eficiencia, como la medida en la que coinciden los fines de un sistema con sus resultados efectivos; la eficacia, como el grado en que los fines son efectivamente logrados. Bajo esta distinción, una tecnología puede ser eficaz, pero no eficiente. Véase Quintanilla y Lawler (1999).

semillas genéticamente optimizadas? (política de diseño), ¿es legítimo privatizar los bancos de datos? (diseño institucional legal), ¿debemos tender a acelerar todos los procesos para un mayor rendimiento? (retórica tecnológica), ¿cómo circulan y acumulan los bienes tanto materiales como simbólicos? (relación inversión rendimiento: académica, económica y estratégica), ¿es justa la relación entre quienes corren los riesgos y quienes administran los beneficios? (relación inversión riesgo). Las respuestas a tales preguntas no dependen solo de lo que pensemos sobre la tecnología, sino sobre nuestras concepciones sobre la sociedad y, en definitiva, sobre nuestras vidas en tanto que hombres.

Y es aquí donde, para poder avanzar en la integración de lo epistémico y lo humano y social, resulta de gran utilidad el modelo de Lacey sobre el modo en que interactúan los valores personales y los valores sociales:

Mantener un valor personal involucra el deseo de segundo orden, el cual representa uno de los objetivos personales fundamentales: que nuestros deseos de primer orden sean de la clase que conduce a acciones que dan forma o generan una vida con una cierta cualidad, la cual se considera hace a una vida plena (buena, significativa, bien-vivida), y que es parcialmente constitutiva de nuestra identidad. El papel de los valores como criterios de elección y patrones de comportamiento es derivado de tal núcleo de significado. Los deseos son personales. El *componente de deseo* de mantener valores apunta al carácter personal de los valores: nuestros valores están ligados a nuestros deseos más fundamentales y a nuestros sentimientos profundos. Mantener valores también implica un *componente de creencia*: la creencia que la cualidad referida está realmente ligada con la experiencia de una vida plena, y tal vez también, la creencia que una vida marcada por tal cualidad no causa o se apoya en condiciones que causen el empobrecimiento de la vida de otros (1999: 24-25).

Los distintos modos de entender la relación entre bienestar y bien común surgen de los diversos núcleos valorativos de los diferentes actores, como también lo hacen las diversas maneras de definir qué debemos entender por “optimizar”. Por este motivo, para avanzar democráticamente en el uso de nuestra capacidad tecnológica para enfrentar desafíos colectivos, incluso los que surgen de los propios procesos y prácticas tecnológicas, debemos partir de la distinción entre legitimidad y eficacia ya mencionada. En términos de Lacey,

[l]a legitimidad depende de mantener hipótesis (p. e. sobre los riesgos para la salud humana y el medio ambiente, y sobre la disponibilidad de alternativas eficaces que permitan cumplir con los objetivos de las distintas aplicaciones) que van más allá de la esfera de incumbencias y capacidades de las estrategias materialistas (2005: 6).

Podemos decir, entonces, que si queremos recuperar el sentido democrático perdido (en el sentido de Feenberg) y elegir humanamente (en el sentido de Cohen) debemos avanzar en la construcción de estrategias pluralistas (en el sentido de Lacey) que superen democráticamente las limitaciones axiológicas de las estrategias materialistas. Pero hacerlo no es sencillo con la aparición constante de aplicaciones con mayores prestaciones, cuya eficacia alimenta la creencia de que estamos avanzando hacia la solución de nuestros problemas y, al menos en parte, a la concreción de nuestros objetivos y felicidad.

EL CONTEXTO DE IMPLICACIÓN: RIESGOS, RESPONSABILIDADES Y CONTROL

Es por este motivo que se vuelve central la discusión sobre los *fin*es no solo de la actividad tecnológica en relación con los objetivos sociales y con los valores involucrados. Desde el punto de vista del análisis del problema, las definiciones y categorías serán diferentes según si nuestra intención sea la de *describir*, *regular* o *promover* mayores capacidades críticas para posibilitar su debate. A diferencia de los dos primeros donde, de modo general, la intención es la de *fixar* (el discurso o la norma), en la tercera intención, el objetivo está puesto en *transformar* y *discutir* –en un sentido plural– los supuestos que articula el discurso tecnocientífico hacia la optimización, y las normas que pautan la relación entre tecnología y sociedad.

Como se anunció en la introducción, nuestro segundo objetivo es proponer el *contexto de implicación* como plataforma conceptual para reflexionar y participar democráticamente en la elección y construcción de distintas alternativas tecnológicas hacia diferentes escenarios colectivos. En este contexto, la pregunta central no es tanto *¿qué?* (contexto de justificación), ni *¿cómo?* (contexto de aplicación tecnológica), sino *¿para qué?* Para que la reflexión sobre el rumbo tecnológico pueda tener el sentido de transformación participativa –al que este trabajo pretende contribuir–, se requiere, como ya se mencionó, comenzar con el análisis sobre la propia idea de *eficacia tecnológica* en relación con los fines y valores a los cuales sirve. Pensar tal *relación* implica valorarla, ponderarla, no implica oponerse a ella. Tal evaluación debe contemplar los diferentes niveles y actores involucrados, y estimar consecuencias previsibles. Sin esta evaluación, democrática y participativa, no es fácil ver cómo superar la situación descrita por Vanderburg:

Las operaciones tecnológicas tienden a aumentar el control sobre nuestro entorno tanto natural como social con el fin de que produzca lo máximo posible. Es

una estrategia que divide y conquista, lo individual, lo social y los ecosistemas, para crear un nuevo orden técnico a expensas de la integridad del conjunto. Este nuevo orden global se está convirtiendo en una de las necesidades más complejas en la historia de la humanidad, en el sentido que impone mucho más a la humanidad de lo que la humanidad puede imponerle (2000: 120).

Dentro del contexto de implicación, donde ya se ha distinguido entre eficacia y legitimidad por un lado, y entre orden técnico e integridad del conjunto, por el otro, resulta insuficiente que la respuesta a la pregunta “¿para qué?” sea respondida simplemente bajo la idea general de “mayor control”. Según lo desarrollado en la sección anterior, no habrá un único sentido en el que el mayor control puede considerarse deseable. Puede reflexionarse sobre este punto tomando el caso de la detección temprana de enfermedades, para las cuales se han desarrollado técnicas muy potentes y precisas por medios nanotecnológicos. En principio, la detección temprana parece ser siempre deseable (por lo que estimular el desarrollo de métodos de detección estaría siempre justificado a partir de tal deseo). Sin embargo, si la enfermedad es incurable, puede repensarse el deseo por tal información precisa; y mucho más, si tales estudios están patrocinados por los inversores en sistemas de salud, que buscan una mejor ecuación entre inversión y riesgo.

Ahora bien, ¿cómo entender este aumento de control sobre nuestro entorno tanto natural como social? En un sentido clásico, para juzgar, es necesario distinguir. Tras la idea de “control de la naturaleza”, hay más de un sentido interviniendo, lo cual ha originado una extendida confusión. Esta confusión se encuentra presente a veces en los propios practicantes y otras entre quienes reflexionan sobre tales prácticas. Para la discusión dentro del contexto de implicación es necesario distinguir de modo general entre dos sentidos fundamentales de la idea de control. Al proponer esta diferenciación, cabe señalar, no se pretende solo cumplir con la tarea de elucidación conceptual, sino que se busca marcar su dimensión política, dado que atraviesa un escenario de lucha y de conflicto de intereses, a partir del cual se busca definir el sentido de “control tecnológico”. Proponemos reconocer entre:

Control-1, como *capacidad tecnológica*: en este primer sentido, la idea de control se piensa como un fin en sí mismo, donde el aumento de control es siempre deseable. Podría decirse que esta es la *idea técnica* de control como valor; esta se refiere a un determinado proceso o producto tecnológico (Fin-1: eficacia).

Control-2, como *dominio de la capacidad tecnológica* en función de valores. Este sentido, más amplio, incluye el sentido anterior pero incorpora de modo central la discusión sobre los valores que guían las prácticas tecnológicas. Aquí, la mera referencia a una determinada aplicación o producto tecnológico, no se ve como justificación del uso dado a tal capacidad, sino que se considera nece-

sario que tales resultados representen, además, un avance en el cumplimiento de alguno de los *valores legitimados* democráticamente por la sociedad (Fin-2: legitimidad).

De esta distinción surgen dos conceptos diferentes de “riesgo” a la hora de evaluar el impacto de las nuevas tecnologías en la sociedad: *riesgo material*: supone que solucionar los problemas éticos y sociales involucrados equivale a evitar los riesgos materiales (por ejemplo, que algo falle); *riesgo social*: reconoce que los problemas éticos y sociales se refieren al cumplimiento de los principios de libertad, equidad y justicia (aunque nada falle, el agravamiento de las diferencias sociales es un riesgo en este sentido).

Finalmente, y asociados a tales riesgos, surgirá también una diferenciación importante para la atribución de responsabilidades: *responsabilidad tecnológica*: responsabilidad solo en el caso de que algo falle; *responsabilidad plena*: responsabilidad tanto en el caso de que algo falle, como en el caso de que el desarrollo tecnológico sea exitoso, desde una concepción integral de la sociedad.

Más allá de las distinciones propuestas por el contexto de implicación, la evaluación y deliberación concreta sobre los riesgos colectivos de nuestras capacidades tecnológicas, en constante aumento, requiere información, comprensión y acuerdo. De modo general, insistimos, el abordaje debe superar las limitaciones de las estrategias caracterizadas aquí como *materialistas*. En este sentido, la relación tecnología/democracia depende de la posibilidad de problematizar deliberativamente sobre los diferentes aspectos involucrados con el fin de disminuir los riesgos, tanto los vinculados con la idea de control-1, como con la de control-2. Generar mecanismos para disminuir los riesgos en ambos sentidos supone actuar no solo con *precisión* suficiente, sino fundamentalmente con *responsabilidad*.

Por todo lo dicho hasta aquí, si tenemos en cuenta los diferentes riesgos involucrados, debemos tender hacia una reflexión participativa que integre los aspectos empiristas, pluralistas y humanistas en sus respectivos niveles. En oposición de lo planteado por Wilsdon y Willis al comienzo, el objetivo más amplio para tal observación debe ser justamente buscar puntos de equilibrio consensuados entre los distintos actores que están implicados en las prácticas tecnológicas. Con este fin es necesario, no solo determinar los *valores personales* que han logrado institucionalizarse en *valores sociales*, sino distinguir estos últimos de los valores estrictamente cognitivos. Nuevamente, es dentro del modelo de Lacey que entendemos esta distinción (véase Lacey, 1999: 45-53).

Valores sociales: se entienden como valores *personales* que lograron alta aceptación en la sociedad o que lograron institucionalizarse con peso legal en el ámbito de

sus instituciones (a través de programas, leyes y políticas sociales). Los valores personales, a su vez, tienen dos componentes, ambos ligados a la identidad personal y al objetivo de desarrollar una vida plena: el deseo personal y la creencia. Estos valores pueden solo estar presentes en la conciencia o articulados en palabras, pero en cualquier caso quedan fundamentalmente manifiestos en la conducta. La credibilidad de las palabras dependerá de que no haya una diferencia muy grande con la práctica. En caso de que esto acontezca, lo que cada persona es y cuáles son sus valores fundamentales quedará reflejado en cuáles de los caminos posibles sigue ante esta situación: ajuste, resignación, creatividad marginal, búsqueda de poder para transformar la práctica, búsqueda de transformación desde abajo mediante participación.

Valores cognitivos: son aquellos mediante los cuales evaluamos creencias o teorías. Ambas acompañan los deseos, intenciones y objetivos y pueden tener un papel causal en la generación de acciones. Las creencias pueden divergir por distintos factores: por su origen (social, psicológico, experiencial), por las propias diferencias en los valores cognitivos involucrados (lógicos, empíricos, epistemológicos) o por los variados procedimientos utilizados en la obtención de las afirmaciones. En cualquier caso, es posible evaluar el grado de verdad de las creencias en función de su contenido proposicional, por ejemplo, evaluarla de modo *cognitivo*. Esta evaluación es necesaria para planificar la acción. Cuando las creencias se consolidan, se convierten en conocimiento.

Tales valores, a su vez, se integran en un *complejo de valores* que se articulan en relación con diferentes *estrategias cognitivas*.

Complejo de valores: si bien los valores cognitivos y sociales pueden distinguirse, son sostenidos de modo simultáneo por las personas constituyendo *complejos de valores*. Su articulación dependerá de supuestos básicos sobre la naturaleza humana, lo que constituye el bienestar y las potencialidades del hombre (en principio, estos supuestos también están sujetos a escrutinio empírico). Tal articulación es la que permite defender ciertos objetivos como valiosos (vinculados al yo o a la sociedad) y dignos del esfuerzo necesario para concretar su manifestación plena. En cualquier caso, serán evaluaciones de tipo cognitivas las que determinarán cuáles objetivos son viables y cuáles no. Simultáneamente —y lo más importante aquí— la evaluación cognitiva en sí misma resulta *insuficiente* para guiar nuestra acción (por ejemplo, no siempre será *racional* actuar de acuerdo con nuestras mejores creencias), dado que nuestros objetivos deben adecuarse *principalmente* a nuestros valores.

Estrategias cognitivas alternativas: no hay una estrategia cognitiva única, a pesar de que la estrategia dominante, asociada a la tecnología, sea de tipo *materialista*. Esta táctica aprovecha, en general, criterios cuantitativos y matemáticos, utilizando las mediciones para intervenir instrumentalmente y realizar experimentos. Esta estrategia pretende integrar una visión única que relacione los objetos y sistemas con principios y leyes, y donde las diferencias se den cuenta a través de la variación en las condiciones iniciales particulares. No se compromete con el análisis de los distintos niveles vinculados con la producción del conocimiento, ni a sus prácticas asociadas. “Progresar” estará relacionado a explorar y utilizar las *posibilidades materiales*, dejando de lado las restantes dimensiones.

Lo central de lo planteado aquí es que la propia actividad tecnológica puede guiarse por *estrategias alternativas*, las cuales, de hecho, *deben* buscarse con el fin de lograr, no una comprensión en un nivel de generalidad único, sino en los diversos niveles que van de lo más general a lo más particular. Esto es posible porque toda estrategia depende de sus valores constitutivos, y estos pueden ser discutidos y modificados. Cuando estos valores son cognitivos, la discusión es sobre las teorías aceptables; cuando son sociales, es sobre las prácticas aceptables. La discusión sobre valores y su integración en prácticas sociales institucionalizadas se vuelve central. Este será el pivote sobre el que se busque equilibrar los diversos aspectos de la actividad tecnológica

Desde la perspectiva de este trabajo, una vez realizada la distinción entre el plano vinculado a la eficacia y el de la legitimidad, es importante resaltar que dentro del contexto de implicación las decisiones deben tomar ambos planos de la discusión. Tal consideración conjunta se ha demorado, además, por el propio *valor simbólico* de la eficacia ya señalado, por las divisiones curriculares e institucionales. En cualquier caso, tanto la presencia creciente de la tecnología en nuestras vidas y la enorme capacidad tecnológica disponible (como lo evidencia la nanotecnología) hablan de la urgencia de reconocer que la discusión central es sobre *finés*, sobre valores proyectados a futuro, sobre las discrepancias y los caminos hacia el consenso. Para esto, debemos pensar el progreso de la tecnología asociado efectivamente, y no discursivamente, al progreso de la sociedad.

Resumiendo, puede decirse que la consideración desde la *implicación*, entonces, parte de deslizar el *éxito tecnológico* (máxima eficiencia y eficacia) de la *ausencia* de responsabilidad (“*funciona*, entonces está *bien*”), tratando de determinar crítica y humanamente los puntos de consenso, los de transformación y los de atribución de responsabilidades entre todos los actores involucrados. Y es en este sentido que pretende constituir una plataforma conceptual para la participación deliberativa, posibilitando, de este modo, la integración democrática de las reflexiones sobre el rumbo y sentido del avance tecnológico *desde y sobre* la sociedad.

IMPLICACIÓN Y PARTICIPACIÓN

Si nos preguntamos cómo avanzar hacia tal debate, la respuesta está en tender a concretar la participación deliberativa y la ciudadanía responsable. Y esto, en relación con el *segundo desafío* planteado por Wilsdon y Willis al comienzo, consiste en generar mecanismos para *gobernar los impulsos* del cambio tecnológico. La estrategia propuesta reside en mover “el compromiso público corriente-arriba (*upstream*)”, por ejemplo, como la estrategia de habilitar el debate público sobre las etapas iniciales de los procesos I+D, aquellos que suelen quedar “detrás de la escena”, y no “corriente abajo”, con tecnologías ya diseñadas esperando ser cuestionadas por el público. Ahora bien, lo cierto es que la participación pública tendrá efectos muy diferentes dependiendo de las *motivaciones* que la dirijan: *motivaciones normativas*: el diálogo ciencia tecnología sociedad es “lo correcto” en una democracia saludable; *motivaciones instrumentales*: los procesos de compromiso sirven a intereses particulares y sectoriales; *motivaciones sustantivas*: los procesos de compromiso están orientados a mejorar los beneficios para la sociedad en un sentido profundo.

Si tenemos en cuenta estas distinciones, nuestro problema se plantea entonces del siguiente modo: ¿cómo garantizar —en la medida de lo posible— que las *motivaciones* involucradas sean *sustantivas* y no *instrumentales o meramente normativas*?

Si tenemos dudas sobre si quienes deben decidir lo hagan en función del bien común (en vista de la base egoísta del comportamiento), nos daremos cuenta de que la mejor manera de garantizar marcos democráticos equitativos consiste en la *participación* en los procesos donde se delibera sobre los horizontes deseables para el desarrollo tecnológico; y esto no en calidad de experto, sino en calidad de lego preocupado por la magnitud de las transformaciones sociales y humanas a partir de la incorporación de tecnologías innovadoras; lego que, en tanto ciudadano responsable, tiene derecho a participar, al menos con su opinión, por lo que tiene derecho también a la información. No se está diciendo que la participación sea una obligación, sino que deben generarse las condiciones para posibilitarla de modo efectivo, y acrecentarla en la medida de lo posible (en el sentido de Feenberg). Para ello, no es suficiente que las posiciones minoritarias sean escuchadas, sino que es necesario que sus estrategias cognitivas alternativas puedan efectivamente mantenerse y desarrollarse.

Desde esta óptica, el problema de las garantías sobre el bien común como objetivo de la marcha del proceso tecnológico, está ligada directamente a las condiciones y grado de participación democrática en entornos institucionales deliberativos. En este sentido, la participación ayuda a transparentar todo lo que el silencio y las decisiones a puertas cerradas ocultan.

Si nos preguntamos, ahora, si el cumplimiento de tales condiciones es suficiente para garantizar el lugar de las minorías y sus valores, ejerciendo un papel de contrapeso significativo, la respuesta es negativa: pueden generarse espacios formales para las minorías, sin consideración efectiva en la toma de decisiones. Aquí el problema se traslada al modelo de política con el que estemos dispuestos a comprometernos; la segunda pregunta es si estamos dispuestos a considerar a los ciudadanos (legos) como *sujetos políticos* o como *variables* en el debate. En el primer caso, nos estaríamos comprometiendo con un modelo *deliberativo democrático*, mientras que en el segundo caso no.

CONCLUSIONES

El *contexto de implicación*, entonces, puede caracterizar el espacio general de la discusión para evaluar tanto los beneficios propuestos por las nuevas tecnologías, como para generar estrategias epistémicas y sociales que permitan *puntos de equilibrio y acuerdo*, como base de implementación de políticas que tiendan al desarrollo social efectivo. La posibilidad de elegir entre alternativas supone que no estamos obligados a desarrollar toda la capacidad tecnológica posible, sino que podemos dejar algunas de lado en función de nuestros valores y consensos organizados (*lost possibilities*, en el sentido de Lacey, 1999). La obligación no debe provenir de los *sistemas materiales* que son ciegos, sino de los *sistemas éticos y sociales* que establecen los valores y fines. Dicho de otra manera, no de los *objetos*, sino de los *objetivos*.

Este debate debe marcar el *rumbo* a partir tanto de la discusión como del monitoreo sobre la implantación de nuevas prácticas y productos tecnológicos. Para el caso de la nanotecnología, siguiendo a Regis (1995), puede tomarse el ejemplo de la fundación creada por Roger Duncan con el fin de realizar tal monitoreo y educar al público sobre sus efectos posibles. El primer resultado fue un estudio sobre lo que los especialistas pensaban sobre la nanotecnología, publicado en 1989 por la Universidad de Texas, y conocido como MAST. El resultado fue paradójico, si bien más de la mitad no quería ver su nombre y reputación asociada a la nanotecnología, de modo anónimo la mayoría la consideró realizable. Cobb, directora del proyecto, definió la paradoja diciendo que “si se quiere que algo acontezca, lo mejor es no hablar al respecto”. Por su parte, Drexler consideró que lo mejor es “concentrarse en los aspectos técnicos y no especular demasiado sobre las consecuencias de largo plazo”, dado que estas, de todos modos, se implementan y modifican gradualmente. De todos modos, la recomendación del informe fue el “establecimiento de un consejo consultor” para supervisar “el desarrollo de *tecnologías atómicas y moleculares*”.

Dado el carácter actual de las prácticas tecnológicas innovadoras de alto poder transformador, un objetivo académico inicial está dado por la necesidad de profundizar los estudios sobre las transformaciones tecnológicas recientes (informática y biotecnología) en los diferentes niveles aquí considerados. Para ello, un objetivo mínimo realizable es la generación de mecanismos para garantizar la información necesaria. Coincidiendo con Lewenstein (2005), estos estudios ayudan a comprender la complejidad de la innovación tecnológica mostrando las relaciones entre lo social, lo ético y lo técnico. En este sentido, representan un camino posible para superar el análisis en términos de costos y beneficios. Como en el caso de Drexler, tal dificultad disminuye si no le pedimos a tales disciplinas *predicciones*, sino *proyecciones* a partir de discusiones tanto históricas como sistemáticas. Tales elementos se revelarán de gran utilidad para contrastar si lo que efectivamente aconteció en tales casos coincide con nuestros valores —en sentido amplio— o no.

Otro objetivo académico debe tender a elaborar una definición amplia de racionalidad tecnológica que permita actuar en la propia etapa de diseño y que, como se dijo, no reemplace los conceptos técnicos de eficiencia y eficacia, sino que los complemente con otras dimensiones. Siguiendo a Apel (1979) y Feenberg (1999) no se trata solo de poner en juego de manera externa valores *prerracionales* que legitimen o no la realización fáctica de una posibilidad, sino de obtener una nueva herramienta teórica objetiva de análisis multidimensional, que impida *internamente* avanzar por determinadas vías, o de ciertos modos, por considerarlos que no contribuyen a avanzar sobre los problemas y consensos instituidos —por ejemplo, ilegítimos. Al actuar como reductor de las opciones viables de ser democráticamente debatidas, se favorecería la búsqueda del consenso sin desmedro de la pluralidad, en tanto que no puede ser objeto de debate todo aquello que no está incluido en la agenda de lo posible.

Con este trabajo se espera contribuir a la discusión democrática sobre el modo de implantación de nuevas tecnologías en nuestra sociedad. Pueden realizarse proyecciones que involucran problemas tanto epistemológicos, como éticos y políticos. Ahora bien, ¿debe dejarse esta consideración a los estudios de la opinión pública, la cobertura en los medios y la retórica institucional, muchas veces utilizados como base de decisiones con sentido pragmático?

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Agazzi, E. (1996), *El bien el mal y la ciencia: las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica*, Madrid, Tecnos.
- Apel, K. O. (1979), "Types of rationality today: the continuum of reason between science and ethics, en *Rationality Today*", Ottawa Press.

- Callon, M. (2001), *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad*, Madrid, Biblioteca Nueva, "Cuatro modelos de dinámica de la ciencia", pp. 27-70.
- Castoriadis, C. (2005), *Figuras de lo pensable: Las encrucijadas del laberinto*, VI, México, FCE, "¿Qué democracia?".
- Cohen, R. S. (1983), "Social implications of recent technological innovations", en Durban P. T. y F. Rapp (eds.), *Philosophy and Technology*, Dordrecht, Reidel, pp. 35-47.
- Drexler, E. (1993), *La nanotecnología: el surgimiento de las máquinas de creación*, Barcelona, Gedisa.
- Escalante, José M. (2003), "Nanotecnologías: promesas dudosas y control social", *Revista CTS+I*, N° 6.
- Feenberg, A. (1999), *Questioning Technology*, Routledge.
- Lacey, H. (1999), *Is Science Value Free? Values and Scientific Understanding*, Londres-Nueva York, Routledge.
- (2005), *Values and objectivity in science: the current controversy about transgenic crops*, Nueva York, Lexington Books.
- Lewenstein, Bruce V. (2005), "What counts as a 'social and ethical issue' in nanotechnology?", *Hyle: International Journal for the Philosophy of Chemistry*, vol. 11, N° 1, pp. 5-18.
- Quintanilla, M. A. y D. Lawler (2000), "El concepto de eficiencia técnica", *Tópicos actuales en Filosofía de la Ciencia*, Mar del Plata, Universidad Nacional de Mar del Plata, pp. 203-224.
- Regis, E. (1995), *Nano: The Emerging Science of Nanotechnology*, Little, Brown and Company.
- Tula Molina, F. (1995), "Del empirismo al humanismo: clave de lectura y crítica de la obra de P. K. Feyerabend", *Revista Latinoamericana de Filosofía*, vol. 1, N° XXI, pp. 85-104.
- (2006), "Ideales de conocimiento y problemas epistemológicos", en Di Gregori, M. C. y M. A. Di Berardino (comps.), *Conocimiento, realidad y relativismo*, México, UNAM, pp. 177-191.
- Vanderburg, W. H. (2000), *The labyrinth of technology*, Toronto, University of Toronto Press.
- Wilsdon, J. y R. Willis (2004), *See Through Science: why public engagement needs to move upstream*, Londres, Demos. Disponible *on line* en <<http://www.demos.co.uk/files/Seethroughsciencefinal.pdf>>.

Artículo recibido el 17 de diciembre de 2007.
Aprobado para su publicación el 20 de abril de 2008.

EL USO DE LA CIENCIOMETRÍA EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS POLÍTICAS TECNOCIENTÍFICAS EN AMÉRICA LATINA: UNA RELACIÓN INCIERTA

IVÁN DE LA VEGA*

RESUMEN

El foco de estudio del presente trabajo es el análisis de la relación histórica entre la cienciometría y el uso que se le da a ese tipo de información para diseñar las políticas públicas tecnocientíficas en América Latina. Estos son sus objetivos: 1) revisa el proceso de implantación y la evolución de la cienciometría a nivel mundial, haciendo énfasis en América Latina; 2) discute la pertinencia de lo que se ha venido haciendo en esa región, tanto en materia de cienciometría como en el diseño de las políticas públicas tecnocientíficas, con el fin de determinar las necesidades reales de información para mejorar la toma de decisiones y referentes teóricos en la discusión; 3) plantea la creación de canales para mejorar la relación entre cienciometría y política científica en la región. Una primera dimensión revisa históricamente la evolución de la cienciometría, haciendo énfasis en América Latina. Una segunda dimensión examina la comprensión de la tecnociencia desde la perspectiva de varios modelos teóricos y su repercusión en regiones periféricas como América Latina, utilizando a la cienciometría y la política tecnocientífica como centro del análisis. Una tercera dimensión analiza los canales formales que pudieran consolidarse en la región para mejorar la relación entre la cienciometría y la elaboración de las políticas públicas tecnocientíficas. Dentro de los resultados del trabajo se encuentran: una revisión de la cienciometría en América Latina, a partir de la Segunda Guerra Mundial hasta la actualidad; se demuestra el uso limitado que en mayor o menor grado se le ha dado a la medición de la tecnociencia y su uso en la elaboración de las políticas tecnocientíficas en la región; se discuten los canales que pudieran mejorar la toma de decisiones en la región. Basados en los resultados, se concluye que ha existido una débil vinculación entre cienciometría y la elaboración de las políticas públicas tecnocientíficas en la región y que estas no nacieron de una relación orgánica de los actores que integran los sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación

* Profesor-Investigador del proyecto Gestión del Conocimiento de la ECV, adscrito al Vicerrectorado Académico de la Universidad Central de Venezuela. Investigador de la Unidad de Gestión de CTI de la Universidad Simón Bolívar. Investigador visitante del Departamento de Estudio de la Ciencia del Instituto de Estudios Avanzados (IDEA). Correo electrónico: <imdelavega@gmail.com>.

de los países de América Latina, sino que fue “implantada” desde fuera. En el futuro cercano, no se visualizan mayores avances en la mayoría de los países de la región en las materias tratadas, debido a que persisten los problemas de orden estructural.

PALABRAS CLAVE: POLÍTICAS PÚBLICAS TECNOCIENTÍFICAS – CIENCIOMETRÍA – AMÉRICA LATINA - RELACIÓN INCIERTA

INTRODUCCIÓN

Los retos tecnocientíficos a los que se enfrentan los países en el comienzo del siglo XXI están inextricablemente vinculados a la producción de conocimientos que le “aseguren” mejorar los índices de bienestar social y material. La transformación de las sociedades modernas en sociedades de conocimiento no es tarea sencilla. La vulnerabilidad en cuanto a la crisis de dominio, planificación y gestión de problemas comunes es clave. “Controlar, planificar y predecir condiciones sociales se hace cada vez más difícil” (Vessuri, 2002: vii; De la Vega, 2003). En ese marco, se plantea una constante renovación de los métodos de medición dirigidos a contar con instrumentos que se adecuen a la realidad cambiante de las sociedades, para así poder tomar decisiones con mayor precisión y eficiencia. Ese proceso requiere, sin embargo, de una estructura socioinstitucional capaz de interpretar la compleja y constante evolución de la humanidad, que en la actualidad está marcada por la globalización, y esta, a su vez, se sostiene sobre los resortes de la tecnociencia.

El uso de la cienciometría en el diseño de las políticas tecnocientíficas tiene una importancia central para las sociedades actuales. Esa aseveración se comprueba al revisar los indicadores de C+T+I de los países, y su relación con los niveles de calidad de vida de sus poblaciones. En los países centrales y en los emergentes, como Corea del Sur, existe consenso en cuanto a que la comprensión y el análisis de la realidad cambiante, de su dinámica y complejidad, exige mediciones de la producción, en forma regular, que en el caso de la cienciometría permitirían, por un lado, el aprendizaje de las nuevas maneras de construcción, difusión y transferencia de conocimientos científicos y, por el otro, la caracterización, de manera detallada, del esfuerzo nacional de I+D en el actual contexto mundial de producción de conocimientos y de desarrollo tecnológico (Gusmão, 2002; De la Vega, 2003). En ese contexto, las actividades tecnocientíficas se entienden como aquellas acciones sistemáticas relacionadas directa y específicamente con la generación, difusión, transmisión y aplicación de conocimientos tecnocientíficos. Ellos incluyen: investigación científica, investigación tecnológica, innovación y difu-

sión técnica, servicios de información, servicios de consultoría e ingeniería; metrología y normalización, planificación y gestión tecnocientífica y la formación de personal necesario para estas actividades (Martínez, 1998). También se habla de la tecnociencia como la relación cada vez más cercana y difusa entre la ciencia y la tecnología, y es un concepto ampliamente usado en la comunidad interdisciplinaria para designar el contexto social y tecnológico de la ciencia. La idea muestra una observación común de que el conocimiento científico no es solo un código situado en la sociedad y la historia, sino que se sustenta y se hace perdurable por redes materiales no humanas (Wikipedia, 2006). Se podría entender que el hecho de llevar las capacidades de la investigación científica al extremo de la intervención y manipulación del mundo, no es solo una reflexión sobre lo real en sí: “implica, por una parte, el desarrollo de una capacidad operativa que tiene necesidad de inventar o crear el objeto mismo de exploración; y por la otra, la exigencia no marginal de un instrumental tecnológico cada vez más elaborado que requiere consecuentemente apoyo industrial, financiero y político considerable” (Esté, 2005: 9).

Las políticas públicas tecnocientíficas se refieren al conjunto de instrumentos y mecanismos, lineamientos y decisiones públicas, que persiguen el desarrollo en el mediano y largo plazo (normalmente dentro del marco de objetivos globales de desarrollo socioeconómico) (Martínez, 1998). Lo relevante, en todo caso, es lograr que exista una capacidad real por parte de un Estado para actuar políticamente, en el sentido de fijar objetivos y disponer de las herramientas que le permitan movilizar todas las capacidades del país para alcanzarlos, en el contexto de las oportunidades y restricciones propias de cada situación (Albornoz, 2001).

La ciencimetría se entiende como “el uso sistemático de mediciones cuantitativas. Forma parte de los estudios sociales de la ciencia y ha alcanzado un desarrollo significativo que ha llegado a ser considerado como herramienta indispensable para la administración de la empresa científica y relevante para su éxito”. Esas medidas, desde la perspectiva de los indicadores de ciencia y tecnología, pasarían a ser “una serie de datos cuantitativos diseñados para responder a preguntas específicas o a un conjunto de interrogantes sobre cambios en aspectos de la ciencia y la tecnología” (Vessuri, 1991: 66). Con la finalidad de aproximarse de la mejor forma a las respuestas, se debe estructurar la mayor cantidad de familias de indicadores para abarcar el máximo posible. La importancia de los indicadores de C+T+I pasa por la relevancia que se le dé a los mismos en los diagnósticos, en la evaluación, en la elaboración de escenarios prospectivos y en el diseño de las políticas tecnocientíficas (Dempsey, 2002). En esa línea temática, algunos especialistas hablan de la ausencia de articulación entre quienes elaboran los indicadores y los que diseñan las políticas. Otro elemento, es que los indicadores que se construyen dan cuenta mayoritariamente de revisiones históricas y

no de identificar los *pick the winners*. Lo que sería equivalente a trabajar más en estudios prospectivos y predictivos (Velho, 1998). En todo caso, se puede establecer que “la ciencimetría ha evolucionado rápidamente construyendo datos cuantitativos a partir de observaciones empíricas que son recogidas a través de experimentos, encuestas, censos de participación directa, trabajo de campo, registros administrativos, narrativas personales y una amplia variedad de otros métodos” (Vessuri, 2002: 4). La relación entre información confiable y comparable ha pasado a ser un activo de las sociedades actuales.

Uno de los principales avales para articular mejor la ciencimetría con la política tecnocientífica, es el relacionado con los recursos limitados con los que cuentan los países para sus actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico. Entonces, la escasez de medios obliga a las autoridades de política científica a establecer prioridades en el sistema de investigación (planes nacionales de I+D) que garanticen la efectividad de las inversiones. Para ello, es fundamental disponer de datos fiables sobre los recursos empleados y los resultados de la investigación (Gómez y Fernández, 2001).

El abordaje metodológico es multidimensional. Se realiza una primera revisión desde la perspectiva de una dimensión sociohistórica e institucional, con el fin de apreciar la evolución de las políticas públicas tecnocientíficas y la ciencimetría en América Latina. Adicionalmente, ese análisis sirve de base para la construcción de escenarios futuros. Una segunda dimensión analiza varios modelos teóricos que explican la comprensión que se tiene en el mundo sobre la tecnociencia y cómo esos modelos afectan el diseño, la construcción y el uso de la ciencimetría en la delineación de las políticas públicas en la materia en países periféricos, en este caso, América Latina. Una tercera dimensión aborda el tema desde la construcción de escenarios futuros, partiendo de la evolución histórica y del funcionamiento actual, para manejar tendencias.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que en América Latina las políticas públicas tecnocientíficas y la ciencimetría no nacieron de una relación orgánica entre los actores de los denominados sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación (SNCTI). Su acoplamiento a la región pasó por distintas fases pero siempre con debilidades estructurales que no han sido corregidas. En la actualidad, se sigue observando una relación incierta entre el uso de la ciencimetría y el diseño de las políticas públicas en la región. Se han apreciado algunos avances en los últimos 16 años, pero son limitados y sin trascendencia comparado con lo que se está realizando en los países centrales. De cara al escenario futuro, se distinguen ciertos “progresos” en varios frentes; en este trabajo se presentan, a manera de ejemplo, los siguientes: los observatorios, CVLAC, Latindex y los posgrados integrados latinoamericanos. Se podría decir que se están logrando esfuerzos sostenidos en la región que pudieran dar eventualmente

algunos frutos si se consolidan y se vinculan alrededor de objetivos comunes, pero el saldo sigue siendo limitado en comparación con los avances obtenidos en los países desarrollados.

GÉNESIS Y EVOLUCIÓN DE LA CIENCIOMETRÍA, CON ÉNFASIS EN AMÉRICA LATINA

El contexto socioeconómico, político y axiológico, así como la historia, determina la práctica de la actividad tecnocientífica de un país y conforman los elementos centrales de su cultura. En el caso de América Latina, se puede señalar que aún cuando existen distintos niveles en el avance de las capacidades tecnocientíficas de esos países, ninguno de ellos ha alcanzado integralmente los niveles mínimos de desarrollo esperados (Freeman, 1993).

Una actividad que tampoco logró su plena expansión en la región fue la cienciometría. Sus inicios datan de hace cuatro décadas y las experiencias realizadas, aunque muy discontinuas, incluyen a casi todos los países (Martínez, 1998). No obstante, el mosaico que presenta la región en materia de cienciometría es similar al ya mencionado sobre las capacidades tecnocientíficas. En ese escenario, tampoco se logró certificar la existencia de sistemas de información confiables que permitan la caracterización continua de los esfuerzos que se han realizado en cada uno de esos países.

Un punto de partida para establecer en qué momento de la historia los estados nacionales comenzaron a invertir en actividades de investigación, se puede apreciar en los avances intelectuales realizados por los pares de Galileo, Bacon, Descartes y Newton (Salomon, 2005). Hay especialistas que señalan el año 1944 como la primera referencia empírica, cuando el presidente Roosevelt le hizo las famosas preguntas sobre la relación de la ciencia con la resolución de problemas sociales al Director de la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico de los Estados Unidos, Vannevar Bush. Las preguntas del presidente Roosevelt tenían por objeto a la ciencia, pero estaban referidas a los intereses del Estado y la sociedad; su naturaleza era, por lo tanto, política (Albornoz, 2001).

Con la creación de la UNESCO en el año 1945, se comenzó a debatir sobre las actividades científicas y su importancia para los países desarrollados y subdesarrollados. La National Science Foundation (NSF) fue creada en el año 1950 en Estados Unidos y la propia UNESCO se basó en esa experiencia para impulsar, en esa década, la creación de los Organismos Nacionales de Ciencia y Tecnología (ONCYT) en varios países en vías de desarrollo, incluyendo a los de la región, como paso "indispensable" para institucionalizar esas actividades.

Las políticas dirigidas a la formación de instituciones que gestionaran lo que

hoy se conoce como tecnociencia, precedió a la implantación de la cienciasometría como instrumento para mejorar la toma de decisiones. En esa línea, varios analistas coinciden en que la primera etapa de la política tecnocientífica se concentró en Estados Unidos entre el final de la Segunda Guerra Mundial y el comienzo de la década de 1960. En Europa y en los países periféricos, ese proceso se consolidó en la década de 1970 (Velho, 1998). El supuesto teórico que sustentaba el pensamiento y el accionar de aquellos años, es lo que hoy en día se conoce como el modelo lineal, en el que existía una correspondencia entre los recursos destinados a las actividades en CyT, es decir, una gran inversión en capacitación en I+D y en la relación directa que tendría el conocimiento generado en beneficio automático de la economía y la sociedad.

Al revisar el proceso de normalización de las estadísticas a nivel mundial, encontramos que en el año 1958 se procedió a estandarizar las relativas a la educación. En el ámbito de la CyT, se dio un paso en esa dirección en la 11ª Conferencia General de la UNESCO realizada en el año 1960, en la que se tomó la decisión de crear, a través de la resolución 2.113.1(b), un programa destinado a reunir, analizar y difundir información sobre la organización de la investigación y la política científica en sus Estados miembros. El mecanismo utilizado fue la serie de publicaciones que llevarían el nombre de Estudios y Documentos de Política Científica (UNESCO, 1970). El hecho de crear un programa de esa naturaleza habla por sí solo de la preocupación que existía en la década de 1950 sobre el avance de la ciencia, su imbricación con datos que pudieran mostrar las capacidades existentes y su cercanía con las políticas públicas nacionales. En el año 1962, se realizó una reunión internacional auspiciada por la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE) en el pueblo italiano llamado Frascati, para abordar el tema de las estadísticas internacionales de CyT. En ese evento, se acordó elaborar el primer Manual de Estadísticas en el tema, el cual fue publicado en el año 1963. Los productos de las encuestas que se realizaron en varios países basadas en ese manual, comenzaron a publicarse en el año 1967. Otro proceso que se consolidó en el año 1964 fue el de la estandarización internacional de las estadísticas de la cultura (Godin, 2001).

Uno de los avances en materia de estadísticas en CyT fue la creación de la Oficina Estadística de la UNESCO en el año 1965. Se le asignaron tres tareas principales, a saber: 1) recolectar, analizar y publicar datos, 2) diseñar metodologías que soporten los datos estadísticos recolectados, y 3) prestar asistencia técnica a los países miembros con misiones de expertos. En ese mismo año, esa Oficina circuló un cuestionario para los países de América Latina, limitándolo a dos tablas, debido a la escasez de estadísticas y a la disparidad encontrada entre el esfuerzo por recolectar datos detallados y la capacidad restringida de las actividades en CyT de esa región. No obstante, se publicaron los resultados en el UNESCO

Statistical Yearbook de 1967 (Godin, 2001). Hacia finales de esa década, dicha Oficina seleccionó a países que contaran con ONCYT para realizar pruebas con cuestionarios dirigidos a conocer lo que se denominó en su momento “el levantamiento de inventarios de potencial científico y tecnológico”, con el fin de ir compilando datos para los anuarios estadísticos subsiguientes. Esa encuesta utilizó un glosario que provenía, en gran medida, del Manual de Frascati. En América Latina, se usó como guía la encuesta de la UNESCO y su referente teórico durante la década de 1970 y principios de la década de 1980 (Testa, 2002). Por su parte, la National Science Foundation de Estados Unidos publica, bianualmente desde 1972, el *Science Indicators Report* –posteriormente denominado *Science and Engineering Indicators*–, aun cuando en ese país se venían realizando informes en la materia desde 1951. La información recolectada en esa época estaba centrada en estadísticas de insumo (recursos humanos, financieros, instituciones y equipamiento). Los datos podían ser de orden administrativo, funcional, operativo, estructural o estadístico y dependiendo de su naturaleza se vertían o no en expresión numérica (UNESCO, 1970). A ese grupo de indicadores se lo catalogó como la primera generación del análisis cuantitativo de la ciencia.

A mediados de la década de 1970, se comenzó a reconocer la importancia del análisis cuantitativo de las actividades de ciencia y tecnología como un instrumento útil y eficaz en el aparato público ligado a la política y la planificación. La evaluación de la investigación a través de indicadores cuantitativos ha llegado a ser parte constitutiva de la agenda de la política científica en todo el mundo (Vessuri, 1991). Desde la perspectiva de las ciencias sociales, en el año 1975, se realizó una encuesta piloto en treinta países y sus resultados se anexaron en la medición de 1977-1978, pero la mayoría de los cuestionarios fueron devueltos vacíos y esa iniciativa no se repitió más. En el año 1978, la UNESCO logró certificar la estandarización de las estadísticas, al ser aprobado su Manual por los países miembros. No obstante, en términos reales, las dificultades para recolectar datos de los países continuaban. Solo ochenta naciones respondieron el cuestionario del año 1981 y varias encuestas tenían inconsistencias (Godin, 2001). Por su parte, los países centrales avanzaron y profundizaron las metodologías y la construcción de sistemas de información en CyT, mientras los países periféricos se quedaron rezagados. En el caso de América Latina, el hecho de no haber podido avanzar de forma adecuada en materia de ciencimetría se ha convertido en una de las mayores debilidades de los sistemas de ciencia, tecnología e innovación. Carecer de canales formales de interacción que promovieran objetivos colectivos, que apuntaran a un progreso sostenido de esos países utilizando como plataforma el diseño de políticas públicas basadas en información adecuada para tomar decisiones “confiables” en el avance de las actividades tecnocientíficas, se ha transformado en una de las causas de su atraso (Ordóñez, 2002; De la Vega, 2003).

La segunda generación del análisis cuantitativo de la ciencia se podría visualizar en el año 1982, cuando Christopher Freeman estableció que se debía evolucionar hacia los indicadores de innovación. Así comienza una nueva ola en materia de cienciometría para los países centrales (Freeman, 1974 y 1982).

En la década de 1980, varios países de América Latina “retrocedieron” en distintas esferas. No obstante, países del Cono Sur pasaron de gobiernos de dictaduras a gobiernos democráticos, y ese factor permitió que mejoraran de forma general las condiciones de vida de su población. Desde el punto de vista de la inversión en CyT, esta descendió y/o fluctuó con la consecuente repercusión en la toma de decisiones, mientras que en los países centrales y emergentes aumentó. Ese hecho repercutió decididamente en materia de cienciometría. Señalemos algunos elementos que influyeron en su deterioro, a saber: poca capacidad técnica en las unidades especializadas de los ONCYT; poca o nula proliferación de equipos de trabajo capacitados en materia de cienciometría en otras instituciones distintas a los ONCYT; desaparición o reestructuración de dichas unidades; alta rotación en el personal encargado de ese tipo de trabajo en los ONCYT; evolución de nuevos métodos teórico-metodológicos y tecnológicos en los países centrales, sin tener capacidad de interlocución efectiva en los países periféricos como los latinoamericanos; en muchos casos, aplicación acrítica de los instrumentos –manuales–; falta de interrelación entre los diagnósticos y la evaluación con el diseño de las políticas públicas. Mientras a principios de la década de 1980 en los países centrales se avanzaba en la construcción de indicadores de resultados y en la búsqueda de indicadores de innovación y de impacto, en los países de América Latina se desmantelaban las pocas capacidades existentes. En ese marco, lo más destacable fue la polémica acerca del tipo de indicadores que se recolectaban y su utilidad para la región, pues habían sido incorporados a solicitud de organismos internacionales, sin haber discutido su aplicación en contextos distintos a los de los países centrales (Testa, 2002; De la Vega, 2003). El ejemplo más claro en ese sentido fue la poca capacidad de respuesta que tuvieron las encuestas enviadas por la UNESCO a los países miembros de América Latina y menos aun la utilización de sus resultados en el diseño de las políticas de la región (Velho, 1998). Esos cuestionarios estaban diseñados fundamentalmente para comparar a los países con indicadores transversales. El formato era estandarizado y respondía a las condiciones que presentaban los países centrales. Aun así, se realizaron encuestas en varios países de la región. En un estudio de la OEA en 1985, se estableció que el país que más encuestas realizó y más dinero invirtió fue Venezuela (Testa, 2002).

A principios de la década de 1990, se retomó de forma modesta el levantamiento de las capacidades de CyT en algunos países de la región, pero con información secundaria y bastante más agregada que el de las encuestas sobre el

potencial. Entre las causas que se encontraron estaban: el alto coste que tenían los inventarios, el hecho de tener que formar un contingente de personas para esa actividad, el tiempo que se destinaba al tratamiento de la información para su publicación y utilización, y el uso que se le daba a los datos para tomar decisiones (De la Vega, 2003). En líneas generales, el resurgimiento se debió más a la presión del contexto internacional que por la convicción que tenían los tomadores de decisiones en cuanto a su importancia.

Como punto de “inflexión” del proceso de estructuración de la cienciometría en América Latina, se podría establecer el año 1995, cuando se creó la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), auspiciada por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) –programa perteneciente a la UNESCO y la OEA. Su objetivo central era y sigue siendo el de apoyar técnicamente a los países integrantes para que mejoren en materia de información en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la innovación (RICYT, 2001). Esta aseveración se realiza conociendo que el esfuerzo por mejorar las condiciones de los países de la región ha sido insuficiente en cuanto a la construcción de información en C+T+I y en materia de cienciometría. Su éxito puede ser visto desde la perspectiva de la creación de una conciencia mayor sobre la importancia de este tema en cada uno de los países adscritos, en una participación más amplia de otros actores de los sistemas nacionales de C+T+I en esta temática, en la inclusión de la evaluación de la innovación, en los *lobbys* con los ministros de CyT y presidentes de los ONCYT, en el apoyo técnico y formativo del personal, en la elaboración de trabajos (libros, publicaciones, páginas web, manuales especializados y adaptados a la región), en la organización de eventos (talleres, simposios y congresos), en haber logrado espacios de participación con los organismos especializados de los países de mayor desarrollo, en haber conseguido ámbitos de discusión sobre cienciometría en la región, y en haber permitido la creación de redes entre personas, instituciones, países y regiones. Todos esos logros colocaron en otro nivel el tema de la cienciometría y su importancia en la región.

A fines de la década de 1990 y principios del nuevo siglo, se han originado cambios que incluso tienen que ver con la creación de nuevas organizaciones especializadas en cienciometría en la región: el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología –OCYT– en 1999 (OCYT, 2006), el Observatorio Venezolano de Ciencia, Tecnología e Innovación –OCTI– (OCTI, 2006) y el Observatorio Cubano de Ciencia y Tecnología –OCCYT– (OCCYT, 2006) en el año 2001, y más recientemente, en el año 2006, se creó el Observatorio Chileno de Ciencia y Tecnología –KAWAX– (KAWAX, 2006), que obedece, entre otras razones, a la influencia ejercida por la RICYT. El primer observatorio creado en el mundo fue el Observatoire des Sciences et des Techniques (OST) francés en el año 1990 (OST,

2006), bajo una modalidad mixta de financiamiento público/privado parecida al utilizado posteriormente por el observatorio colombiano; el venezolano fue creado como un programa del naciente Ministerio de Ciencia Tecnología;¹ el cubano depende del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y el chileno depende del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Durante la década de 1990, se crearon en distintos países varios observatorios de CyT utilizando distintos tipos de organización, entre ellos los mencionados anteriormente. El argumento central para la formación de esos entes se basó en que la evolución vertiginosa de las actividades de C+T+I generaba constantes cambios en el contexto internacional, y ese elemento “obligaba” a contar con información pertinente para mantenerse actualizado. También, se basó en el hecho de comprender que la información y el conocimiento generados por esas instancias debían ser vistos como estratégicos y utilizados como tales. Esos países, en donde se crearon esas unidades especializadas, deben ser vistos como “pioneros” en la región y analizados de forma separada, dadas las características específicas de cada SNCTI (véase en el último punto de este trabajo el análisis sobre los observatorios en América Latina). Un producto de la región en el nuevo siglo es el Manual de Bogotá, un ejercicio metodológico proveniente de la RICYT, dirigido a levantar las capacidades de los países en materia de innovación, derivado del Manual de Oslo y adaptado a América Latina.

NECESIDADES Y PERTINENCIAS DE INFORMACIÓN EN C+T+I EN AMÉRICA LATINA

El vertiginoso desarrollo de la tecnociencia ha impactado de diversas formas en las sociedades, con consecuencias que se pueden medir utilizando múltiples herramientas. Precisamente, aquellos países que presentan los mayores avances son quienes cuentan con los instrumentos de medición mejor adaptados a sus realidades, y, además, valoran y aprovechan la información que se desprende de los diversos procesos que se generan en el complejo mundo actual, debido a que entienden que ella es la base del conocimiento necesario para tomar decisiones certeras. Dentro de ese desarrollo, una variable que ha entrado en juego es la referida a las tecnologías de información y comunicación (TIC). Las TIC han modificado el patrón de funcionamiento de la humanidad en toda su dimensión, y han desestabilizado los mapas mentales del ser humano a tal punto, que hoy en día se tiene otra visión de la realidad. Incluso en materia de cienciometría, se han

¹ En Venezuela se creó por decreto el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) en el año 1967. El Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) se creó en el año 2001 y en ese momento, el CONICIT pasó a ser el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT).

generado cambios en distintos niveles: recolección e intercambios de información, consultas a expertos, diseños de bases de datos y sistemas de información, redes de trabajo a distancia, cooperación internacional en forma virtual, entre otros. Estas nuevas tecnologías pueden mejorar “de forma rápida” la capacidad de las personas, instituciones, regiones, países y zonas territoriales como América Latina, si se generan las reformas en la “conciencia colectiva” y se dan los apoyos institucionales necesarios en cuanto a lo que Bemporad ha llamado la conciencia del dato. Pero esas mismas tecnologías han introducido nuevos modos de actuar e inclusive nuevos indicadores propios del medio digital. Existe un marco de referencia distinto que genera a su vez nuevos desafíos de medición. Uno de los más relevantes sería el de los motores y los hábitos de búsqueda de los usuarios de esos nuevos servicios (Spink y Cansen, 2004).

La globalización ha remolcado el constante desarrollo de las sociedades, principalmente las que han logrado aprovechar el conocimiento tecnocientífico. En ese marco, la gestión de la investigación, más desarrollo, más innovación (I+D+i) está directamente relacionada con el crecimiento industrial y la competitividad de los países, por lo tanto, su análisis y cuantificación resulta una práctica habitual de lo más avanzada (Fernández *et al.*, 2002). Además, esos países han desarrollado una gama de metodologías e instrumentos que apuntan a la normalización de la información que sirve para la comparación y para el diseño de las políticas a mediano y largo plazo. Dentro del continuo debate que existe en esos países sobre el tema de la ciencimetría, gravita el de la discusión sobre el nuevo paradigma tecnoeconómico, el cual se enmarca dentro de la gestión de la I+D+i y la necesidad de distintos instrumentos de medición, monitoreo y evaluación de la actividad, pero también, se requieren nuevas propuestas de sistemas de indicadores para este tipo de gestión en los países periféricos (Licha, 1998). Es decir, existe consenso en los países centrales en cuanto a qué es lo que se debe conocer con mayor precisión en su entorno, pero también necesitan comprender lo que acontece en otras realidades como las periferias. El punto clave estriba en el hecho de que los abordajes metodológicos que se aplican en esas regiones, en un alto porcentaje, exigen otro tipo de mediciones.

Además, el proceso de investigación y sus articulaciones con la sociedad no es en absoluto un encadenamiento lineal, secuencial ni mecánico. De las enseñanzas de la economía y de la sociología de la ciencia se desprende un esquema descriptivo de los procesos en marcha en las relaciones entre investigación y sociedad que no es más que el funcionamiento en red, donde una diversidad de actores internos y externos a la investigación se encuentran en interacción, comprometidos simultáneamente en la creación, la validación y la difusión de conocimientos (Barré, 2002). Se habla de los Sistemas Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) como base para interactuar en un mundo cada

vez más interconectado pero también más complejo. No obstante, hay grandes diferencias entre los países que cada vez aprovechan más el conocimiento y los que se rezagan al no poder insertarse al mismo ritmo en la dinámica de la globalización y el avance tecnoeconómico (Salomon, 2001). Una de esas distinciones se refiere al valor y uso que se le da a la *cienciometría*, que a fin de cuentas pasa a ser uno de los pilares fundamentales de los *SNCTI*.

Es bien conocido que la *cienciometría* que tradicionalmente se ha utilizado en la región, ha permitido la posibilidad de comparar la información gruesa con la de otros países, pero no ha servido como insumo a la toma de decisiones y a la gestión (Martínez, 1998). Si bien es importante cotejar internacionalmente los datos, el problema en América Latina ha sido la falta de aprovechamiento de ellos en cada uno de los países, e inclusive, avanzar en la organización de información específica de cada país, región y localidad. Esto se puede concatenar con lo que se desprende de la naturaleza de la *I+D+i* mundial, que hace difícil su incorporación como un paquete “intacto”, inmodificable, una vez trasladada de su ambiente original, social, económico y político. La transferencia de conocimiento, en este caso hablamos de las metodologías e instrumentos utilizados para el manejo de la información, requiere no solo de un portador de conocimiento (el donante) sino también de un receptor que tenga las condiciones apropiadas como para que la transferencia sea efectiva (Vessuri, 1984). Un aspecto central es la capacidad de interlocución necesaria para realizar este tipo de traspasso. Además de los problemas de orden estructural y cultural, los países periféricos tienen déficit de científicos y tecnólogos, lo que dificulta aún más la lectura y transferencia correcta de los procesos de adaptación que sean factibles de realizar. Este hecho se puede apreciar en el débil seguimiento que se ha realizado en la región en materia de *cienciometría* y de su importancia en la formulación de las políticas públicas. El análisis de los trabajos de Price desde la década de 1950 y 1960 y de otros autores considerados como clásicos, Garfield, Callon, Chubin, Freeman, Nelson, Dosi, Etkowitz, Gibbons, Porter o Van Raan, entre otros, no se citan de una forma prolífica. Además, y lo que es peor aún, son pocos los trabajos que existen en la región en las materias citadas. Así la evaluación cruzada de lo que se podría hacer a distintos niveles de cada país, como el hecho de estar actualizado en cuanto a lo que sucede en otras latitudes, no ha sido un rasgo distintivo de América Latina. Esto no quiere decir que se copien las ideas que esos trabajos indican, sino, más bien, de ser críticos en los análisis respectivos.

Si centramos la discusión sobre el uso de la *cienciometría* en el diseño de las políticas públicas en *C+T+I*, y la contrastamos con los esquemas de comprensión de esa temática a nivel global, observamos vectores disímiles entre los avances de los países centrales y los periféricos. Desde una perspectiva general, las evidencias indican que América Latina como región está rezagada con respecto al uso y

aplicación de estos modelos. A medida que las transformaciones y los progresos ocurridos en los modos de organización para la producción y la circulación del conocimiento se multiplican, también crecen las clasificaciones, las categorías y las jerarquizaciones que intentan dar cuenta de la diversidad e imbricación de las actividades en las cuales participan científicos e ingenieros, y que tocan múltiples dimensiones de la realidad. En poco tiempo, se ha pasado por varios modelos de organización como fuente estratégica de producción de conocimiento. Primero, se desarrolló una visión de la investigación académica, según la cual, la sociedad delegaba a los investigadores la misión de acrecentar el *stock* de conocimientos accesibles a todos. El segundo modelo, contrapuesto al anterior, de la gestión de la innovación tecnológica, fue concebido para gerenciar los proyectos destinados a obtener nuevos productos y, por tanto, para transferir al utilizador, sea en la forma del mercado, la empresa, la función pública o el usuario, la capacidad de juicio sobre la calidad, eficacia o competitividad. El modelo del modo 2 de producción de conocimiento propuesto por Gibbons y su equipo, se caracteriza por concederle al conocimiento un marco en el que este es producido interdisciplinariamente, en estrecha relación con un contexto de aplicación. El modelo de la triple hélice contrasta con el del modo 2 al insistir en las continuidades históricas, pero con una nueva lógica en las relaciones de los tres actores –industria, gobierno y la universidad–, para destacar la interdependencia dinámica entre los tres extremos. Un quinto modelo es el propuesto por Callon, Laredo y Mustar, en el que proponen “la rosa de los vientos de la investigación”, y en donde I+D se convierte en una actividad compleja cuya naturaleza y resultados pueden ser analizados según cinco dimensiones, y en la que surgen nuevas formas de acción en la función pública para incrementar su intervención y favorecer las interacciones entre los vértices de la rosa.²

Los modelos mencionados, así como los manuales metodológicos utilizados para cuantificar las actividades de C+T+I en los países (“inventario del potencial científico y técnico”, Frascati, Camberra, Oslo, Bogotá, Santiago, Lisboa, “patentes y balanza de pagos tecnológica”) han condicionado el uso de los indicadores científicos en regiones como América Latina, debido a que estos tienen grados variables de validez, según su naturaleza, por el carácter, el funcionamiento y la organización de la investigación científica que se está cuantificando en un contexto dado de aplicación. Dichos indicadores y modelos presuponen la existencia de una teoría que les dé respaldo, validez y legitimación. Para establecer un sistema de indicadores científicos en la región es necesario conocer la especificidad de los fenómenos en cada país. Estos aspectos deben ser necesariamente comprendidos antes de proceder a la formación de bases de datos y antes de definir

² Para un análisis detallado del tema, véase Vessuri (2002).

un conjunto de indicadores para la planificación, la evaluación y el diseño de las políticas de C+T+I (Velho, 1998).

Dentro de las causas históricas, se encuentra la cultura imperante que ha pasado a ser un rasgo estructural que no ha permitido avanzar a la región en materia tecnocientífica y, por ende, en las otras esferas de esas sociedades. Parte de los responsables de la conducción de instituciones públicas y privadas, no asignan la debida importancia a la recopilación y procesamiento de datos que son, a todas luces, vitales para sus respectivas funciones y para la planificación de sus futuras acciones. Esto trae como consecuencia una notable falta de interés de todos los niveles institucionales por el suministro, recolección, ordenamiento y preservación de la información existente o en producción, que pudiera ser de utilidad (Bemporad, 2003). La escasa utilización de los indicadores científicos para el establecimiento y la evaluación de políticas públicas y la gestión ha sido una constante. Esos indicadores deberían ser compilados para desempeñar un papel fundamental para tales fines. Es evidente que la necesidad de contar con información para las políticas de C+T+I nunca había resultado tan urgente como lo es ahora, en un momento en el cual, además, adquirió significado estratégico (Velho, 1998).

Otro de los factores que se deben tomar en cuenta tiene que ver con las actividades tecnocientíficas que, por sí solas, no pueden ser socialmente eficaces a menos que participen de un compromiso de largo plazo con el desarrollo. Un nuevo pensamiento en política tecnocientífica dirigido a inducir cambios deseables podría ejercer una influencia significativa en las actividades e instituciones científicas, tomando en cuenta que los factores institucionales, sociales, culturales y políticos pesan tanto o más que los económicos y científicos (Vessuri, 2000). En esa línea, se podría establecer que dados los avances que se han obtenido en materia tecnocientífica hay que aproximarse a la medición de la ciencia en el contexto social real (Cozzens y Bortagaray, 2002); eso significa que hay que repensar el abordaje de la cienciometría en cada país periférico basado en modelos que expliquen las condiciones específicas, pero sin dejar de buscar datos que ayuden a ambas partes de la ecuación, es decir, a las capacidades locales, regionales y nacionales de cada país por una parte y a los datos comparables internacionalmente por la otra.

CREACIÓN DE CANALES FORMALES EN CIENCIOMETRÍA Y POLÍTICA CIENTÍFICA EN LA REGIÓN

Este estudio parte del hecho de que América Latina no puede ser analizada como un bloque homogéneo. Los países cuentan con distintos estadios de progreso tecnocientífico, infraestructura informacional y, en general, capacidades, exper-

ticias y competencias distintas. El extremo de mayor desarrollo es el estado de San Pablo, en Brasil, que presenta varios indicadores comparables a la de algunos países denominados como centrales. No obstante, también se parte de la premisa de que, en líneas generales, la región no ha alcanzado los niveles mínimos requeridos para considerarla ni siquiera como emergente.

Partiendo del marco anterior, una de las mayores debilidades de los denominados SNETI en América Latina es la carencia de canales formales de interacción que promuevan objetivos colectivos que, en el caso de la cienciometría, es muy evidente. Esto se aprecia en los procesos y dinámicas de las actividades de C+T+I que se requieren para encarar la globalización y que suelen verse truncados por la ausencia de información confiable y relevante. Lo anterior, sumado a la baja inversión, en algunos casos fluctuante y sin crecimiento sostenido,³ además de la escasa demanda de conocimientos tecnocientíficos, se traduce en importantes obstáculos al desarrollo de las sociedades latinoamericanas (Ordóñez, 2002). Pero es precisamente un error hablar de sistemas de esa naturaleza en países donde el conjunto de elementos, en este caso actores, no se relacionan dinámicamente ni forman una actividad para alcanzar un objetivo común. No fluyen los datos desde sus núcleos básicos –actores– para proveer la información pertinente, y lo poco que circula no es utilizado de forma inteligente. Lo que se aprecia es la existencia de los actores sin una verdadera red, o la desarticulación del denominado sistema. Por lo tanto, el trabajo estructural pasa inextricablemente por mejorar la cultura del dato. Más aún, se debe avanzar cultivando a la unidad, es decir, a cada persona que trabaja en cada institución, con inducciones claras y concretas de la utilidad que tiene la información a todo nivel, y, a partir de allí, se debe avanzar hacia la comprensión de lo que significa recolectar aquella información que verdaderamente será utilizada de forma inteligente en el proceso de toma de decisiones. Si se parte de la idea de levantar los activos de conocimiento de cada entidad, se podría avanzar más rápido en la construcción de las denominadas redes de información.

En diversas oportunidades, se ha mencionado que en las instituciones de los países de América Latina no se produce información. La realidad es que sucede todo lo contrario. El asunto es que la misma no se origina, no se organiza, ni se usa adecuadamente. Por lo tanto, hay que dar un viraje en su tratamiento. La forma adecuada de hacerlo es generando una cultura del dato que involucre a todos los empleados de las instituciones, bajo un esquema lógico de utilidad. De esa forma, se comenzaría a tejer una verdadera red de actores que estaría enlazada por flujos de información de distinta naturaleza y alcance, utilizando los activos

³ Brasil es el único país de la región que ha pasado de forma gradual a invertir más del 1% del PIB en CyT. Venezuela pasó en el año 2006 del 0,26% al 2,11% de forma abrupta, mediante una ley (LOCTI).

de conocimiento de cada institución como base para construir las baterías o familias de indicadores. Partiendo de esa base, se podría comenzar a hablar de interacciones entre las instituciones, lo cual sí se relaciona con los SNCTI que ya hemos mencionado.

Para hablar de un escenario apropiado donde se analice el tema de la articulación entre la cienciometría y las políticas públicas en América Latina, se debería partir, entonces, de la noción de los SNCTI, debido a que, desde su concepción real, engloban toda la infraestructura nacional de conocimiento y bienes en una perspectiva amplia de productores y usuarios que permite identificar sus objetivos, funciones y resultados (Mercado *et al.*, 2002). Si se parte de una noción de esa naturaleza, bajo las condiciones expuestas en el párrafo anterior, sería más sencillo avanzar en la creación de los canales formales (socioinstitucionales) basados en esos objetivos colectivos que son necesarios para construir los mapas sobre las capacidades locales, regionales y nacionales de esos países en materia tecnocientífica. A partir de allí, la imbricación de la cienciometría y las políticas pasaría, en primer lugar, por lograr consensos políticos e interinstitucionales que coloquen sobre el tapete el interés nacional en la tecnociencia. En segundo lugar, esos objetivos colectivos se deberían visualizar no solo en el corto plazo, sino apuntando a políticas de Estado que puedan perpetuarse, con sus respectivos correctivos, a 30 e inclusive a 50 años, como lo han hecho países emergentes como Corea del Sur.

Los aspectos que se deben atacar simultáneamente tienen que ver con trabajar en la denominada cultura del dato para llegar a una verdadera cultura de la información y formar las redes institucionales. Eso significa tener claridad en la necesidad de levantar los activos de conocimiento de cada institución del SNCTI. Consolidar esos tejidos (en algunos casos se deben formar y, en otros, articular para que la información sea confiable y pertinente) y pasar de la limitada utilización de la cienciometría en el establecimiento y la evaluación de las políticas públicas, a un proceso donde se mejore sostenidamente en esa materia, lleva tiempo, esfuerzo y coordinación. Pero para que los procesos mencionados tengan éxito, deben ir acompañados de un trabajo de *lobby* a todo nivel sobre la importancia que tiene la cienciometría. La construcción de los sistemas de información que apuntalen la generación de nuevos conocimientos y que mejoren, entre otras cosas, la toma de decisiones en los distintos campos del saber, es en sí misma una política de Estado (Velho, 1998). Esto ocurre porque el contexto internacional está caracterizado por una creciente complejidad de la actividad tecnoproductiva. Esa dinámica contrasta con la región, debido a que no ha podido reencontrarse con el curso del desarrollo, y esto determina una serie de exigencias de cara a la nueva realidad política y económica mundial. Los múltiples problemas de la región registrados por los indicadores tradicionales se

ha traducido en una caída estrepitosa de la calidad de vida de amplios sectores de la población en las últimas dos décadas (Mercado y Testa, 2001). Por lo tanto, el camino para ir corrigiendo los problemas es largo pero no imposible, si se logra estructurar una serie de políticas que contemplen con seriedad la medición continua de los procesos que se adelantan en cada país de la región. Esto permitiría observar con mayor claridad aquellos ajustes que siempre se deben realizar en esfuerzos altamente complejos como los que corresponden América Latina.

El escenario actual de la región vislumbra varios acontecimientos que pueden tener impactos positivos a futuro en materia de articulación entre la ciencia y la política científica, pero estos deben ser examinados con cautela. A continuación revisamos algunos de estos acontecimientos.

La proliferación de observatorios de CyT en América Latina podría verse como una forma de atacar las limitaciones históricas que ha tenido la región en materia tecnocientífica. Pero también debe estudiarse cada caso de forma separada, debido al poco tiempo de operación en la región de esas unidades, además de que su constitución no es homogénea, es decir, que su misión, objetivos, actividades y su papel en el diseño de las políticas no es necesariamente el mismo. Otro elemento que se debe tomar en cuenta en una evaluación de los observatorios mencionados, es la diferencia en los contextos de Colombia, Venezuela, Cuba y Chile (desde la perspectiva socioeconómica, política, axiológica y cultural, además de su patrón de desarrollo en materia tecnocientífica). Otra característica de análisis sería el tipo de observatorio que cada país creó. Es decir, el OCYT colombiano fue el primero en implantarse en el año 1999 y utilizó el modelo denominado consorcio basado en la experiencia francesa. Eso le permitió manejarse de una forma autónoma y obtener recursos del gobierno y del sector privado. El OCTI venezolano se creó en el año 2001 y se diseñó como un programa de la Gerencia General de Prospección del naciente MCT de ese país. Por lo tanto, el modelo utilizado sería el de la tutela, al igual que el OCCT de Cuba, que está adscrito al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. El observatorio chileno de C+T+I, de reciente creación en el año 2006, denominado KAWAX, quedó bajo la tutela del CONICYT. El otro observatorio que existe en la región iberoamericana es la RICYT, bajo el modelo de estructuras multilaterales. Los criterios utilizados en la tipología provienen de un trabajo de Regina Gusmão sobre los observatorios de CyT (Gusmão, 2002).

Tomar la decisión de diseñar e implantar un observatorio de CyT en un país dado, es una resolución política en la que están implicadas directamente la ciencia y la política tecnocientífica. Desde nuestra perspectiva, dicha determinación debe basarse en estudios previos e, incluso, en consensos y acuerdos por parte de las instituciones que eventualmente se pueden convertir en socios. Su

funcionamiento se verá afectado positiva o negativamente por las condiciones particulares de cada contexto. El nivel educativo de la población, la cultura y la madurez institucional reinante en materia de información será clave en el éxito o fracaso de una unidad de esta naturaleza. Cuando se piensa en establecer un mapa de la realidad de cada país de la región, se deben evaluar también las características del SNCTI, si cabe verdaderamente este término para países latinoamericanos. Del mismo modo, se debe tomar en cuenta el patrón de industrialización, las políticas de fomento, las relaciones internacionales y la cooperación internacional, en particular en C+T+I, el sistema educativo, además del contexto socio-demográfico. Este tipo de análisis previos son fundamentales para institucionalizar unidades de esas características en América Latina.

Otro avance en materia de información tecnocientífica en la región es la plataforma de CVLAC. Dicha plataforma es una herramienta de gestión electrónica con publicación en internet, por medio de la cual se registran los currículos de los científicos, investigadores, profesionales y técnicos, con el objetivo de establecer un servicio consolidado de información curricular en el marco del Sistema de Información Científica y Tecnológica. Su alcance es iberoamericano y ya funciona en Brasil, Chile, Colombia y Perú. Además, se encuentra en proceso de adopción en la Argentina, México, Panamá, Ecuador, Cuba, Uruguay, Portugal y España. Ese proyecto fue desarrollado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas (CNPQ) de Brasil y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), a través de la Biblioteca Regional de Ciencias de la Salud (BIREME). El objeto del proyecto es tener una plataforma de información integrada, normalizada y compartida por la región (CVLAC, 2006). El hecho de contar con la información curricular de los investigadores de Iberoamérica sería un avance significativo para la región. Su uso serviría para múltiples cosas y abriría un espectro no contemplado hasta ahora, como por ejemplo: analizar las trayectorias individuales o longitudinales de los científicos y tecnólogos, hasta detectar masa crítica en áreas, disciplinas y especialidades, encontrar con mayor rapidez a investigadores y grupos de investigación en la región, evaluar la cooperación tecnocientífica interinstitucional y multidisciplinaria entre científicos, laboratorios, centros, instituciones, en regiones, países, zonas y continentes; así mismo, ayudaría a medir las líneas de investigación y sus proyectos conexos. Por otra parte, se podrían examinar, desde la perspectiva bibliométrica, las publicaciones y patentes en tiempos más cortos; se detectarían los grupos emergentes en investigaciones donde la convergencia tuviera un nuevo significado en el tema tecnocientífico, y también se podrían evaluar con mayor exactitud los mercados de empleo a futuro, entre otras posibilidades que ofrecería tener en línea esa información curricular. En fin, desde la perspectiva de la ciencimetría en la región, sería un éxito si se alcanzase la meta de colocar esa información normalizada en línea y, sobre todo, si se

consigue mantenerla actualizada. Si esto se cumpliera, las políticas tendrían la posibilidad de ser más certeras.

Latindex es un sistema iberoamericano de información de publicaciones científicas seriadas, producto de la cooperación de una red de centros regionales y nacionales de acopio, que funcionan de manera coordinada para reunir y diseminar información bibliográfica sobre las publicaciones científicas seriadas producidas en la región (Universia, 2006). Fue creado en 1995 y, actualmente, forma parte del sistema de instituciones de la Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, España, México, Portugal y Venezuela. Para el primer trimestre de 2006, contó con 14.917 revistas en directorio, 2.193 en catálogo y 2.407 en índice de recursos electrónicos (Latindex, 2006). Este esfuerzo regional apunta a un objetivo común de gran importancia si se logra darle el peso específico que tiene. La crítica, ya histórica, que se le hace a las bases de datos del Institute For Scientific Information (ISI) tendría un frente común que además no es excluyente sino complementario. Si tomamos en cuenta los datos de la RICYT que indican que en Iberoamérica había para el año 2003 unos 573 millones de personas, de las cuales 433.675 eran investigadores—238.913 en América Latina y 194.762 en la península Ibérica— (RICYT, 2006), esto indica que aun cuando el número de investigadores promedio por país es bajo,⁴ no es nada desestimable si ese conglomerado de individuos se “activa regionalmente” y comienza a interactuar. El primer paso sería aprovechar la oferta organizativa que ofrece Latindex, “iniciando” un proceso de reculturización, en cuanto a la ecuación: leer/publicar, igual a: mayor conocimiento regional. Si uno sigue los factores de impacto de las revistas incluidas ese índice y el porcentaje de publicaciones que hacen los investigadores iberoamericanos en el ISI, es claro que se sigue privilegiando este último.

Al hablar de avances en materia de cuantimetría y su relación con el diseño y la aplicación de políticas públicas en América Latina, hay que referirse al trabajo que viene realizando en los últimos años la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Dicha organización fue creada en 1962 y ha realizado un trabajo clave en el desarrollo de esa región brasileña. Desde 1998 han publicando reportes cada tres años sobre indicadores de C+T+I (FAPESP, 2006). Las tres ediciones publicadas representan en la materia los trabajos más completos divulgados en América Latina. El último ejemplar—2004— consta de dos volúmenes que contienen doce capítulos, en los cuales trabajaron más de cuarenta especialistas pertenecientes a instituciones de esa región. Ese esfuerzo

⁴ El indicador internacional tradicional estipula que los países en vías de desarrollo deben tener por lo menos un investigador por cada mil habitantes. Si se toma como válido el dato de la RICYT, los países de América Latina estarían muy por debajo de esa relación. El país con mejor proporción en el mundo es Japón y en América Latina, Chile.

habla de una red que puede ser vista como un grupo de socios que trabajan con y por un objetivo común. En 2002 se consolidó un equipo interinstitucional coordinado por FAPESP, el cual ha venido trabajando de forma permanente en la descripción, acompañamiento y análisis de la realidad de la producción científica y tecnológica paulista y su participación en el desarrollo de Brasil. Ese proceso incluye una concepción e implementación de un sistema de informaciones sobre indicadores de C+T+I, que sistematiza y facilita el acceso a las principales fuentes primarias y documentales de indicadores nacionales e internacionales (Indicadores de C+T+I de San Pablo, 2004). Ese esfuerzo muestra que no es necesario crear nuevas instituciones, que se puede potenciar el trabajo en equipo desde una perspectiva multidisciplinaria e interinstitucional, basado en la coordinación. Así mismo, se han iniciado una serie de experiencias en países de América Latina relacionadas con nuevos dispositivos y sistemas en línea de información en C+T+I que se deben integrar a este proceso, con el fin de potenciar las capacidades de la región.

Apuntar en la medida de las posibilidades a esfuerzos como el de FAPESP, guardando las distancias con lo que significa el mosaico de la región latinoamericana, junto al “conocimiento” vía curricular que plantea CVLAC y la información en doble vía que ofrece Latindex, puede considerarse como un avance que podría dar frutos e impactar favorablemente en varios frentes. Uno de ellos podría ser el fortalecimiento de los posgrados integrados latinoamericanos; otro, potenciar la cooperación científica regional; o avanzar en la integración de las denominadas tecnologías convergentes, además de mejorar el análisis en materia de cienciometría y, por esa vía, el diseño de las políticas públicas.

CONCLUSIONES

Tanto la cienciometría como las políticas públicas tecnocientíficas en América Latina no nacieron de una relación orgánica entre los actores vinculados a la actividad, sino que fue un proceso impuesto, impulsado por organismos multilaterales, replicando los modelos de los países centrales.

El desarrollo de las capacidades tecnocientíficas en América Latina ha sido limitado. La construcción de los mapas nacionales de C+T+I, a través de la cienciometría, y el uso de ese tipo de información en el diseño de las políticas públicas tecnocientíficas, no han sido incorporados adecuadamente en el proceso de toma de decisiones nacionales de los países de la región. A su vez, la tecnociencia no ha sido utilizada como palanca para el progreso y ese elemento ha conspirado en su escasa medición.

En América Latina, no se puede hablar de la existencia de sistemas naciona-

les de Ciencia, Tecnología e Innovación, debido a los débiles vínculos entre los actores. Una carencia que limita el radio de acción de esas redes, es la baja capacidad de generación de información de cada institución; ese factor no permite un flujo continuo de conocimiento para mejorar el proceso de toma de decisiones. Esa debilidad se une a los problemas de orden estructural que se han atacado superficialmente.

La cultura del dato en América Latina no es un rasgo característico distintivo. Por lo tanto, la calidad de la información producida no ha sido la adecuada ni su uso el más inteligente. El empeño de los políticos de la región en señalar a la tecnociencia como un elemento clave de progreso, solo se ha quedado como una simple caja de resonancia en el discurso político.

En los últimos 16 años se han iniciado procesos en la región que, si bien no han tenido una mayor repercusión, pueden ser vistos como avances (RICYT, Latindex, CVLAC, los observatorios de CyT, y el trabajo de la FAPESP son un ejemplo de ello). Esto, de cara al futuro, mejora el flujo de información pertinente en la región, pero el problema fundamental es que los países centrales han avanzado a un ritmo mayor y hoy en día forman verdaderas sociedades del conocimiento.

REFERENCIAS

- Albornoz, M. (2001), "Indicadores y política científica y tecnológica", en Albornoz, M. (comp.), *Temas actuales de indicadores de ciencia y tecnología en América Latina y el Caribe*, Buenos Aires, RICYT, pp. 173-180.
- Barré, R. (2002), "Indicadores para las políticas de investigación. La medición de los impactos socioeconómicos de la investigación", *Cuadernos del CENDES*, año 19, N° 51, pp. 193-195.
- Bemporad, M. (2003), "La conciencia del dato", *Interciencia*, vol. 28, N° 7, p. 369.
- Callon, M. et al. (1995), *La gestion stratégique de la recherche et de la technologie*, París, Economica.
- Chubin, D. E. (1987), *Research Evaluation and the Generation of Big Science Policy. Knowledge: Creation, Diffusion, Utilization*, vol. 9, N° 2, pp. 254-277.
- Cozzens, S. y I. Bortagaray (2002), "S&T Policy for Human Development: The logia of outcome indicators", *Indicadores de ciencia y tecnología en Iberoamérica. Agenda 2002*, Buenos Aires, RICYT, pp. 109-120.
- CVLAC (2006), <<http://www.mct.gov.ve/scienti/publico/home/home.php/23-05-2006>>.
- De la Vega, I. (2003), "Cienciometría y política científica en la periferia: el caso de Venezuela", *Revista Espacios*, vol. 24, N° 1, Caracas, pp. 5-17.
- Dempsey, R. (2002), "Ireland - Science and technology surveys, indicators and policy mak-

- ing”, *Indicadores de ciencia y tecnología en Iberoamérica. Agenda 2002*, Buenos Aires, RICYT, pp. 19-28.
- Esté, M. (2005), “Apropiación social de la cultura tecnocientífica y estrategias comunicativas de la tecnociencia”, Caracas, mimeo.
- Fapesp (2006), <[http://www.fapesp.br/materia.php?data\[id_materia\]=>](http://www.fapesp.br/materia.php?data[id_materia]=>), consultado el 22 de mayo de 2006.
- Fernández, M. T. *et al.* (2002), “Producción en ciencia frente a tecnología de la Comunidad de Madrid”, *Cuadernos del Cendes*, N° 51, año 19, Caracas, pp. 109-128.
- Freeman, C. (1993), *La experiencia de Japón. El reto de la innovación*, Caracas, Editorial Galac.
- (1974), *The Economics of industrial innovation*, 2ª ed., Londres, Frances Pinter, 1982.
- *et al.* (1982), *Unemployment and Technical Innovation: A Study of Long Waves and Economic Development*, Londres, Frances Pinter.
- Garfield, E. (1983), *Mapping Science in the Third World, Current Contents*, vol. 33, agosto, pp. 359-375.
- Godin, B. (2001), *What's So Difficult About International Statistics? UNESCO and the Measurement of Scientific and Technological Activities. Project on the History and Sociology of S&T Statistics*, Working paper N° 13.
- Gómez, I. y M. Fernández (2001), “La producción científica de una región vista a través de bases de datos complementarias”, en Albornoz, M. (comp.), *Temas actuales de indicadores de ciencia y tecnología en América Latina y el Caribe*, RICYT, pp. 61-70.
- Gusmão, R. (2002), “Nuevas estructuras de producción y difusión de indicadores de C&T: un panorama internacional”, *Cuadernos del Cendes*, año 19, N° 51, tercera época, Caracas, pp. 19-41.
- Indicadores de ciência, Tecnologia e Inovação em São Paulo (2005), Fapesp, San Pablo, Brasil.
- Latindex (2006), <<http://www.latindex.unam.mx/>>, consultado el 18 de mayo de 2006.
- Licha, I. (1998), “Indicadores de gestión de la investigación y el desarrollo tecnológico”, en Martínez y Albornoz (eds.), *Indicadores de ciencia y tecnología: estado del arte y perspectivas*, Caracas, Nueva Sociedad, pp. 53-78.
- Martínez, E. (1998), “Glosario: Ciencia, Tecnología y Desarrollo”, en Martínez y Albornoz (eds.), *Indicadores de ciencia y tecnología: estado del arte y perspectivas*, Caracas, Nueva Sociedad, pp. 282-283.
- Manual de Frascati (2002), *Proposed Standard practice for surveys on research and experimental development*, OCDE.
- Mercado, A., P. Testa, H. Vessuri e I. Sánchez (2002), “Sistemas nacionales de ciencia y tecnología”, *Boletín ASOVAC*, Capítulo Caracas, N° 41, Caracas.
- Mercado, A. y P. Testa (2001), “Transformación productiva y sustentabilidad”, en Mercado y Testa (ed.), *Tecnología y ambiente. El desafío competitivo de la industria química y petroquímica venezolana*, Caracas, Litografía Imagen Color, pp. 1-375.
- Observatorio Cubano de Ciencia y Tecnología (2006), <<http://www.occyt.cu/>>, consultado el 12 de marzo de 2006.

- Observatorio Chileno de Ciencia y Tecnología (2006), <<http://www.kawax.cl>>, consultado el 11 de marzo de 2006.
- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2006), <<http://www.ocyt.org.co/>>, consultado el 11 de marzo de 2006.
- Observatorio Venezolano de Ciencia, Tecnología e Innovación (2006), <<http://www.octi.gov.ve/>>, consultado el 11 de marzo de 2006.
- OST (2006), <<http://www.obs-ost.fr/>>, consultado el 22 de mayo de 2006.
- Ordoñez, G. (2002), “La experiencia colombiana en la puesta en marcha del Observatorio de Ciencia y Tecnología OCYT”, *Cuadernos del Cendes*, año 19, N° 51, tercera época, Caracas, pp. 83-108.
- Price, J. D. S. (1986), *Little Science, Big Science and beyond*, The Columbia University Press.
- Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (2001), *El estado de la ciencia. Principales indicadores Iberoamericanos - Interamericanos*, Buenos Aires, RICYT.
- (2006), <www.ricyt.edu.ar>, consultado el 21 de febrero de 2006.
- Salomon, J.-J. (2005), “Científicos en el campo de batalla: culturas y conflictos”, *REDES*, vol. 11, N° 22, pp. 51-74.
- (2001), “El nuevo escenario de las políticas de la ciencia”, *La ciencia y sus culturas*, International Social Science Journal (ISSJ), UNESCO, N° 168, <www.unesco.org/issj/>, pp. 186-201.
- Spink, A. y B. J. Cansen (2004), *Web Search: Public Searching of the Web*, Boston, Kluwer Academic Publishers.
- Testa, P. (2002), “Indicadores científicos y tecnológicos en Venezuela: de las encuestas de potencial al Observatorio de Ciencia, Tecnología e Innovación”, *Cuadernos del Cendes*, año 19, N° 51, tercera época, Caracas, pp. 43-64.
- UNESCO (1970), *Manual de inventario del potencial científico y técnico nacional N° 15*, Recolección y procesamiento de los datos. Gestión del sistema “I&D”. Edición española, Impresa en la Oficina de Ciencias de la UNESCO para América Latina, Montevideo.
- Universia (2006), <<http://investigacion.universia.es/>>, consultado el 20 de mayo de 2006.
- Van Raan, A. F. J. (1997), “Scientometrics: state-of-the-art”, *Scientometrics*, vol. 38, N° 1, pp. 205-218.
- Velho, L. (1998), “Indicadores científicos: aspectos teóricos y metodológicos e impactos en la política científica”, en Martínez y Albornoz (eds.), *Indicadores de ciencia y tecnología: estado del arte y perspectivas*, Caracas, Nueva Sociedad, pp. 23-51.
- Vessuri, H. (2002), “El ejercicio de la observación sociotécnica... a propósito de los observatorios de ciencia y tecnología”, *Cuadernos del Cendes*, año 19, N° 51, tercera época, Caracas, pp. 1-19.
- (2000), “Prioridades de ciencia, tecnología y contexto político. La experiencia latinoamericana”, en F. Lema y L. Yarzabal (comps.), *Pensar la ciencia: los desafíos éticos y políticos del conocimiento en la postmodernidad*, Caracas, Editorial IESALC-UNESCO, pp. 39-65.
- (1991), “Perspectivas recientes en el estudio social de la ciencia”, *Interciencia*, vol. 16, N° 2, Caracas, pp. 60-67.

— (1984), “El papel cambiante de la investigación científica académica en un país periférico”, en Díaz, E., Y. Texera y H. Vessuri, *La ciencia periférica. Ciencia y sociedad en Venezuela*, Caracas, Monte Ávila.

Wikipedia (2006), <<http://es.wikipedia.org/wiki/Tecnociencia/>>, consultado el 13 de marzo de 2006.

Artículo recibido el 11 de abril de 2007.
Aprobado para su publicación el 28 de marzo de 2008.

SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO EN ARGENTINA: EL CASO DE UNA EMPRESA-RED, TENARIS*

ALEJANDRO ARTOPOULOS**

RESUMEN

El presente trabajo trata del caso Tenaris, una corporación multinacional de origen argentino que se constituyó en la líder del mercado mundial de tubos sin costura OCTG (*oil country tubular goods*), insumo estratégico para la industria petrolera, con más del 40% de participación de mercado en 2007.

Tenaris, se puede afirmar, reinventó el capitalismo industrial desde la periferia. Se trata de un caso inusual de gigante emergente que no solo se adaptó al nuevo contexto de la globalización, sino que sacó provecho de la transición del capitalismo informacional. El caso ilustra que el desempeño de Tenaris fue posible por la innovación de su tipo de organización empresarial con dinámica de red basada en la producción de conocimiento, que denominamos empresa-red. Este trabajo es el primer paso de una investigación de largo aliento que a partir de una casuística de diferentes sectores e industrias de una nueva generación de empresas en la Argentina intenta analizar los componentes de la forma red de la organización.

PALABRAS CLAVE: INNOVACIÓN – ORGANIZACIÓN-RED – SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico de la Argentina exhibe una nueva dinámica que no solo se observa en los guarismos positivos de la macroeconomía. Dentro del área encontramos evidencias de una nueva generación de empresas dentro de sectores económicos específicos que describen una tendencia creciente a la innovación y la internacionalización (Kosacoff y Ramos, 2005).

* Una versión anterior de este *paper* fue presentada como informe final de investigación del Seminario Interdisciplinario de la Sociedad de la Información y del Conocimiento dirigido por el profesor Manuel Castells desarrollado en el Internet Interdisciplinary Institute de la Universitat Oberta de Catalunya durante el año 2003. Agradezco a Manuel Castells por su guía, también agradezco los comentarios de Daniel Chudnovsky, Ernesto Gore y Jorge Walter, así también la devolución de los revisores anónimos.

** Universidad de San Andrés. Correo electrónico: <alepoulos@udesa.edu.ar>.

Existe un consenso sobre la emergencia de una dinámica tecnológica muy distinta al patrón observado durante la etapa de sustitución de importaciones. La creciente internacionalización de la producción requirió de una especialización en productos técnicamente compatibles con los estándares internacionales (Bisang y Lugones, 2002; Chudnovsky, López y Pupato, 2004).

Por un lado, el proceso permitió reducir la brecha en las tecnologías de producto y producción, a la vez que se minimizaron los esfuerzos endógenos de desarrollo de productos, o de adaptación de las tecnologías extranjeras. Pero por otro lado, permitió que un importante conjunto de firmas focalizara sus capacidades de innovación en áreas de actividad específicas a medida que se integraban a redes internacionales de comercialización.

El capitalismo es informacional, además de global, porque “la productividad y la competitividad de las unidades o agentes de la economía (ya sean empresas, regiones o naciones) depende fundamentalmente de su capacidad para generar, procesar y aplicar con eficiencia el conocimiento basado en la información” (Castells, 1996: 93). Se trata de un proceso que se inició en la segunda mitad de la década de 1970 y logró alcanzar su masa crítica en la década de 1990.

La reciente expresión del capitalismo, conocida también como postindustrial o sociedad del conocimiento, es común pensarla como propia de las sociedades avanzadas, y supone que su difusión a otras regiones está limitada a pequeños enclaves. Sin discutir en el presente trabajo sobre la mayor o menor extensión de la difusión de las organizaciones de la región basadas en el conocimiento, nos proponemos ilustrar con este caso las condiciones de la existencia de empresas de este tipo y profundizar en las características de la forma en que se manifiestan estas organizaciones en el capitalismo informacional periférico.

La presente investigación se concentró en observar la dinámica de la génesis de Tenaris, indagar su estructura y conocer las características de la relación con su entorno. En particular, se estudió el proceso previo al despliegue global de Siderca, nodo capital de la empresa, en el cual se verifican los procesos de crecimiento continuo de la productividad y la competitividad, la creciente generación de conocimiento.

Partimos del supuesto que Siderca, alejada de los flujos de la economía mundial y dependiente de las economías generadas por el Estado, se incorporó con éxito a los mercados globales cuando desarrolló capacidades distintivas, producto de una nueva estructura. La empresa no solo modernizó una organización basada en la producción heredera de las más duras tradiciones industriales, como la siderurgia, orientándola a la producción de servicios, sino también la recreó en un diseño de organización capaz de producir conocimiento compatible con el capitalismo informacional.

En el período 1976-1993, la firma articuló las áreas de producción, comercialización e investigación y desarrollo con proveedores y clientes, conectando los componentes de su estructura. Las capacidades distintivas que le permitieron competir exitosamente con las compañías japonesas y alemanas, las más globalizadas del sector hasta la entrada de Tenaris, fueron creadas a partir de la interconexión y el *feedback* de diferentes nodos de la organización, que en conjunto mejoraron su capacidad de generar conocimiento.

Ahora bien, ¿por qué se eligió a Tenaris? Se trata de una corporación multinacional de origen argentino de clase mundial. Esta condición de *rara avis* ya la hace merecedora de la atención del investigador. La mayoría de las corporaciones multinacionales provienen de países desarrollados; tan solo es posible encontrar a un puñado de ellas en países emergentes. Además, en el *ranking* de las cien multinacionales que provienen de países emergentes, América Latina solo representa el 22%: Brasil tiene 13, México 7, Chile y la Argentina una cada una, CSAV y Tenaris, respectivamente (Boston Consulting Group, 2008).

El interés por el caso surge, además, por las características salientes de Tenaris. No todas las multinacionales de los países emergentes se comportan de manera similar. La mayoría de ellas, identificadas por la literatura actual como *emerging giants*, apuestan a la explotación de ventajas basadas en un manejo de las fallas de mercado y los quiebres institucionales de los mercados emergentes más habilidoso que sus contrapartes del primer mundo (Khanna y Palepu, 2004: 39).

Es difícil encontrar multinacionales de países emergentes que obtengan ventajas relacionadas con la competencia de igual a igual con otras multinacionales de países desarrollados. Solo algunas de ellas son corporaciones multinacionales (CMN) que no solo se adaptaron a la nueva economía, sino también que supieron interpretar sus reglas y las utilizaron para alcanzar nuevos mercados y proyectarse a escala global. Entre las pocas que comparten estas características en la región latinoamericana podemos mencionar a Embraer, Natura, Cemex y Tenaris.

En el comienzo del nuevo milenio, la sociedad del conocimiento en los países de América Latina se encuentra a medio camino de una industrialización forzada y nunca completa, modelos de desarrollo dependientes de *commodities*. No todas las empresas se han introducido y han abastecido los mercados externos de forma similar. Del conjunto de organizaciones, el cambio societal se manifiesta, entre otros aspectos, en la emergencia de estas CMN insertas en la economía global. Las estructuras reticulares de producción, de comercialización y de investigación y desarrollo, orientadas a la producción de conocimiento, son características que todavía se están configurando en las empresas latinoamericanas en vías de internacionalización. Entonces, ¿es posible identificar patrones de comportamiento en las empresas más avanzadas de países emergentes que describan un nuevo tipo de empresa, la empresa-red?

SOBRE LA EMPRESA-RED

El creciente interés sobre el concepto de red en los estudios organizacionales y en la teoría sociológica a partir de la década de 1990 fue el resultado del registro de considerables transformaciones tanto en el ambiente macro de la sociedad y la economía, así como en la infraestructura de la cual estaban compuestas las organizaciones. La reestructuración del capitalismo por la crisis del modelo fordista, la aparición de modelos de organización alternativos basados en redes de pequeñas y medianas empresas (PYMES) y la reconversión de la CMN, convergiendo con la maduración y la difusión de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), despertaron en los investigadores la duda acerca de la permanencia de la gran corporación divisional chandleriana como especie dominante de la ecología organizacional (Chandler, 1987).

La transformación organizativa de la producción y de los mercados de la economía global que se inicia a mediados de la década de 1970, denominada por Coriat como “la gran transición” hacia la etapa posfordista, persiguió la búsqueda de la flexibilidad en la producción, la gestión y la comercialización, para hacer frente a la incertidumbre provocada por el cambio continuo y rápido del entorno económico, institucional y tecnológico de la empresa (Piore y Sabel, 1984; Coriat, 2000).

La crisis de la gran empresa y el desarrollo de las redes empresariales tuvo diferentes expresiones: en el este asiático, la formación de redes empresariales basadas en la familia (Castells, 1996: 202); en occidente, la emergencia de la “nueva competencia”, denominada por Best, dio lugar a un ambiente distinto de negocios basado en pequeñas empresas emprendedoras de los distritos industriales como el de alta tecnología del Silicon Valley en California y el de diseño de Prato y Modena en Italia (Best, 1990; Piore y Sabel, 1984).

Los cambios de las organizaciones interactuaron con la difusión de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), pero estas fueron independientes y las precedieron. El proceso de desintegración del modelo organizativo de las burocracias racionales verticales, característico de las grandes empresas de producción en serie estandarizada para mercados oligopólicos, si bien convergió a su tiempo con la incorporación de las TIC, se inició con nuevos métodos de participación de los obreros en la dirección de la empresa que no requirieron de dichas tecnologías (Coriat, 1998). Estos cambios previos allanaron el camino para el aprovechamiento de las TIC (Castells, 1996: 198).

Una primera convergencia de las tecnologías de la información de redes a comienzos de la década de 1990 (digitalización de las telecomunicaciones, creación de redes corporativas de banda ancha, aumento del rendimiento de las computadoras conectadas en red), aumentó considerablemente el rendimiento

de la utilización de las TIC (Bär, 1992). La sociedad del conocimiento, caracterizada por el desarrollo de una nueva lógica organizativa relacionada con el proceso de cambio tecnológico pero no dependiente exclusivamente de él, se estructuró, entonces, con la creación de una infraestructura de la información, base del aumento de la producción y la productividad (y la competitividad), tanto para empresas como para regiones, ciudades y países.

La nueva lógica organizativa, establecida en la estructura de red, dio lugar tanto a una serie de estudios empíricos, como al uso del término de organización red (*network organization*) como alternativo a las formas funcionales, divisionales o matriciales (Nohria, 1992). Es un concepto que ha sido usado por investigadores para modelizar organizaciones industriales y de servicios (Burns y Stalker, 1961; Mintzberg, 1979; Miles y Snow, 1986; Eccles y Crane, 1887), por consultores, para el desarrollo de nuevas metodologías de rediseño organizacional (Nolan, Pollock y Ware, 1988), y como parte fundamental de la teoría de la sociedad-red (Castells, 1996).

El concepto de la organización red debe ser pensado en el contexto de los debates sobre la teoría de la organización frente a los vertiginosos ambientes a los cuales las instituciones se vieron sometidas por la aceleración de los ritmos y ciclos políticos y de mercado desde mediados de la década de 1970 y a la incorporación, dentro de las ciencias sociales, del nuevo conjunto de herramientas metodológicas y teóricas para el análisis de redes (Baker, 1992).

Existen, entonces, dos líneas de investigación en este campo: los analistas de redes sociales, los que usan las redes como una herramienta de análisis de relaciones sociales intra o interorganizaciones, y aquellos que consideran a las redes, tanto las sociales soportadas por medios electrónicos como las redes de información semiautomatizadas, como una característica propia de nuevas organizaciones que es necesario tipificar. Si bien es cierto que autores de la primer línea prefieren considerar que todas las organizaciones son redes y, entonces, es fútil analizar un tipo específico de organización dado que la unidad de análisis son las relaciones de dichas redes, también es necesario considerar que la pertinencia del concepto de empresa-red (también conocido en sus diferentes versiones como empresa-cluster, empresa autodiseñada, empresas postindustriales, empresas basadas en el conocimiento) no ha sido trabajado lo suficiente como para agotar sus posibilidades.

En todo caso, diremos que se tratan de dos posturas o miradas complementarias. Dado que las relaciones por sí solas no pueden identificar la especificidad de la unidad empresa-red, diremos que “la empresa-red no es ni una red de empresas ni una organización intraempresarial en red. Más bien se trata de una organización flexible de actividad económica constituida en torno a proyectos empresariales específicos llevados a cabo por redes de diversa composición y

origen” (Castells, 2001: 83). En nuestro caso, además, es conveniente remarcar que las condiciones de emergencia de la empresa-red —los métodos horizontales de participación para la producción de conocimiento, la incorporación masiva de las TIC y la creciente internacionalización de las economías periféricas con su doble consecuencia, acceso a mercados ampliados y acceso a mercados abiertos de tecnologías— llevan a considerar la hipótesis que dichas empresas disponen de nuevos espacios para la innovación que durante el período sustitutivo estaban vedados (Artopoulos, 2007).

Si consideramos que una organización es un sistema de medios estructurados con el objetivo de lograr determinados fines, en tanto las burocracias subordinan sus resultados y estructuran a la reproducción de su sistema de recursos, las empresas, en la consecución de sus fines, subordinan sus estructuras a los recursos. Dentro de este encuadre, la empresa-red es la forma cuyo sistema de medios está constituido por la intersección de segmentos autónomos de sistemas de fines, que dispone de la máxima flexibilidad para su estructuración y que no limita la búsqueda de medios a las fronteras de la organización. Aun cuando los límites de la organización son claros (tanto por su constitución legal como por alcances del sistema de gobernanza), los componentes de la red (nodos y conexiones) son tanto autónomos como dependientes de ella y pueden ser parte de otras redes. Las empresas-red se caracterizan por dos atributos: la (alta) *conectividad*, la capacidad de conectar a sus miembros facilitándole la comunicación libre de ruidos; y la *estabilidad*, el grado de consistencia de los intereses entre los fines de la red y sus componentes (Castells, 1996: 199).

¿Por qué las organizaciones-red son las más eficaces para generar conocimiento y procesar información? En primer lugar, porque los sistemas de precios en los mercados y los sistemas de autoridad en las jerarquías no han podido dar con una solución adecuada para el intercambio de conocimiento (Adler, 2001). Por otro lado, el procesamiento de información es más eficiente en este tipo de organizaciones, dado que las redes sociales basadas en redes electrónicas garantizan el acceso a los recursos de información; por lo tanto, a mayor volumen de información procesada, mayor disponibilidad de insumos (información) para crear conocimiento. Las tramas reticulares permiten sacarle provecho a las nuevas tecnologías, reducen distancias y eliminan las represas de conocimiento levantadas durante la era industrial, estableciendo las conexiones entre empresas, instituciones y mercados (Castells, 2001).

En segundo lugar, porque la creación de conocimiento y su fruto, la innovación, se benefician del acceso a nuevas fuentes extramuros mediante la conexión con el entorno (innovación modular o colaborativa). El conocimiento y la información se transforman en fuente real de la riqueza en tanto la forma de organización sea en red (Powell, 1998).

LAS FORMAS RED DE LAS CMN

La organización-red, la articulación o modulación de la sociedad mediante estructuras flexibles que conectan en tiempo real componentes o unidades de grupos y organizaciones en geometrías variables para realizar proyectos, puede ser observada en organizaciones de diverso tamaño. La red habilita la adaptabilidad, la flexibilidad y la coordinación con los objetivos estratégicos, el conocimiento y la innovación, en un contexto local-regional-global. En este marco, en el cual se desempeñan acciones a escala global y se articula con espacios locales, las CMN son capaces de controlar recursos en todo el mundo y llevan adelante sus operaciones en la mayoría de los países y entre casi todos los países.

El pasaje a la sociedad del conocimiento no implica el abandono de los mercados y sociedades nacionales por un mercado perfecto globalizado. Si bien persisten las imperfecciones de los mercados nacionales, regionales y globales en un sinfín de espirales de nuevos bloques comerciales, una parte de las actividades económicas dominantes están articuladas globalmente y funcionan como una unidad en tiempo real, fundamentalmente en torno de tres sistemas de globalización económica: los mercados financieros interconectados, la organización a nivel planetario de la producción de bienes y servicios, y la producción de conocimientos en redes globales de conocimiento. La forma organizacional que se ha ocupado del lugar significativo de llevar estos sistemas a funcionar en forma regular ha sido la corporación multinacional.

Las nuevas formas reticulares de articulación de las CMN, si bien no son las únicas existentes, sí son las predominantes. Diversos estudios sobre este tipo de CMN en clave de red han abordado la pérdida de la centralidad de las casas matrices en las decisiones de negocios de dichas corporaciones (Nohria y Ghoshal, 1997; Kogut y Zander, 2003; Forsgren, Holm y Johanson, 2005).

Desde su origen, la autoridad centralizada en las oficinas matrices mediante una estructura jerárquica multinacional controló el conocimiento que podía ser distribuido a las subsidiarias. La autonomía de las subsidiarias no era necesaria para mitigar la falla de mercado de los costos de transacción en la transferencia de conocimiento. De hecho, esa autonomía pudo inhibir la difusión de conocimiento si los gerentes de las subsidiarias hubieran estado en desacuerdo con la matriz.

Ante el proceso de globalización, la razón de ser de las CMN dejó de ser la habilidad para innovar en el centro mediante la apropiación del conocimiento y la internalización de flujos de conocimiento hacia las subsidiarias resolviendo así fallas de mercado, a modo de una extensión de la teoría de los costos de transacción. Las multinacionales modernas dependen de innovaciones creadas no solo en el mercado de origen, sino también en las que tienen lugar en los mercados

nacionales de las subsidiarias. En tanto los mercados periféricos crecen en importancia, las subsidiarias toman porciones significativas de los recursos corporativos. Para permanecer competitiva en una escala global, la multinacional pone todos los recursos al servicio de la creación del conocimiento. De esta forma, no solo se evita una falla de mercado en la apropiación del conocimiento, sino también se promueve la creación de valor aprovechando nuevas oportunidades de producción de conocimiento mediante la recreación de contextos sociales compartidos a escala global (Nohria y Ghoshal, 1997).

Estos autores postulan que, en esencia, hemos pasado de una teoría negativa de la firma —la existencia de la firma se debe a su facilidad de evitar una falla de mercado—, a otra teoría positiva, en la cual la multinacional deja de ser procesadora y difusora del conocimiento producido en su *homeland* y pasa a ser productora de conocimiento global. Como tomó importancia la creación de conocimiento, quedó claro que la forma jerárquica era inferior. Como la creatividad y las energías innovativas debían ser preservadas, muchos académicos identificaron nuevas formas organizativas, tales como: jerárquica (Hedlund, 1986), multifocal (Prahalad y Doz, 1987), transnacional (Bartlett y Ghoshal, 1989), e inserta (Forsgren, Holm y Johanson, 2005).

El concepto de la “solución transnacional” fue reelaborado por Nohria y Ghoshal (1997) con la intención de establecer la idea de que las corporaciones multinacionales modernas debían organizarse como una red diferenciada si pretendían alcanzar el máximo potencial de sus capacidades globalmente distribuidas. No obstante, la propuesta de una red diferenciada (*differentiated network*) de Nohria y Ghoshal (1997) ha alcanzado una instancia superadora ya que se aparta del somero arquetipo estructural del área, producto o matriz. Estos modelos no dejan claro la importancia del plus de innovación como consecuencia de la diversidad mediante la diferenciación interna. Las multinacionales, dicen los autores, deben abandonar la concepción centro-periferia (*hub-and-spoke*) y adoptar una perspectiva reticular. Esto quiere decir, prestar más atención a los nodos —las subsidiarias— y los lazos entre ellas. Es conveniente dejar de usar la metáfora de la red y usar el concepto como un marco analítico concreto para las organizaciones en red.

Los autores reseñan casos como Philips, Procter & Gamble y Matsushita, empresas que se reinventaron a sí mismas en redes diferenciadas como respuesta de adaptación de las organizaciones a las demandas complejas del medio ambiente global de negocios. Las subsidiarias dejaron de estar sometidas por estructuras uniformes mundiales y ganaron autonomía operando en medios nacionales distintos. Cada una presentaba exigencias únicas articuladas mediante una estructura de red diferenciada, compuesta por recursos distribuidos, unidos por diferentes tipos de relaciones. En primer lugar, cada unidad nacional/regional es

receptora de los recursos distribuidos en los nodos de la red multinacional. Si bien algunas unidades disponen de más recursos que otras y así varía su organización, y algunas pueden ser organizaciones simples y otras enormes multidivisionales, todas tienen un grado de autonomía. En segundo lugar, la naturaleza federativa de los lazos entre la matriz y las subsidiarias y, por otra parte, el grado de integración de las subsidiarias vía mecanismos de socialización, el grado de solidaridad orgánica y valores compartidos que mantienen junto a diferentes componentes organizacionales de la red. Y, por último, los flujos de comunicación que dieron vida a la red, e incluye flujos de comunicación laterales y verticales, así como formales e informales. La densidad, frecuencia, contenido y estructura de los flujos de la comunicación influyen en la coordinación de costos, capacidad de combinación de trabajo colaborativo, la confianza intraorganizacional y los valores compartidos.

Desde una perspectiva complementaria, Forsgren, Holm y Johanson han criticado el modelo de “red diferenciada” dado que las relaciones de negocios en dicho modelo no superan los límites de la CMN y no alcanzan a los socios de las subsidiarias en los mercados nacionales. La “multinacional inserta” (*embedded multinational*) de Forsgren, Holm y Johanson, que se basa en el concepto de Granovetter –*embeddeness*–, que traduciremos como “inserción”, dispone de un conjunto de subsidiarias, cada una de las cuales se inserta en una red de relaciones de negocios única (Granovetter, 1985).

La óptica de la internacionalización de las firmas deriva aquí en la gobernanza de las mismas. El grado de inserción (*embeddeness*) al nivel de la subsidiaria, entonces, activa la influencia de estas dentro la CMN, y la hacen más o menos controlable, y por lo tanto a las condiciones de transferencia de conocimiento en la CMN. De esta forma, cada subsidiaria tiene un doble rol, el rol de nodo de una red y el rol funcional corporativo. El primero está moldeado por la interacción con los socios de negocios, internos y externos, y el segundo, es asignado por la casa matriz.

Por último, Kogut y Zander consideran a la CMN como una organización productora de conocimiento. Las firmas, en este argumento, son comunidades sociales, redes semicerradas, que se especializan en la creación y transferencia interna de conocimiento. La CMN no emerge como resultado de las falencias del mercado de compra y venta de conocimiento, sino por su eficiencia superior como vehículo de la transferencia de conocimiento entre países. Las firmas para estos autores se especializan en la transferencia de conocimiento tácito.

El desarrollo de redes de conocimiento, entre otras cosas, fue posible debido al cambio radical de las formas de la innovación. Hasta el advenimiento de la nueva etapa del capitalismo, el paradigma dominante de la era industrial era la innovación cerrada. Los cambios en los mercados globales y las nuevas dinámicas

de la investigación y el desarrollo en los principales *hubs* tecnológicos modificaron el paradigma de la innovación. Un modo abierto de producción de conocimiento para la innovación, la innovación abierta, asume que se pueden usar ideas externas, tanto como las internas, y también se pueden usar los caminos externos al mercado, tanto como los internos, para desarrollar la tecnología (Chesbrough, 2003).

La elección del caso de Tenaris nos llevará a lidiar con las tres dimensiones descritas hasta ahora que son propias de la visión de las multinacionales como empresa-red, con un contexto de origen periférico: 1) el proceso de creación de la CMN en un entorno global basado en la diferenciación interna de las unidades y subsidiarias como proceso de reticulación; 2) el proceso de internacionalización como inserción en los mercados; y 3) el proceso de transferencia de conocimiento como construcción del capital intangible.

LA DISTINCIÓN DE TENARIS

Tenaris es heredera de más de cien años de tradición siderúrgica. Su origen se remonta al Grupo Techint, fundado en la Argentina, y la acería de Dalmine, en Italia. El Grupo Techint fue fundado en 1945 por Agostino Rocca, la Compagnia Tecnica Internazionale, luego conocida como Techint, nombre del código de télex. Rocca, que había dirigido primero la acería de tubos de Dalmine en Italia y luego fue cabeza de la corporación estatal italiana del acero, se trasladó al continente americano luego de la finalización de la Segunda Guerra Mundial para buscar nueva fortuna.

Si bien Tenaris hereda la tradición siderúrgica de la familia Rocca, es difícil considerarla solo como la división de productos tubulares del Grupo Techint. La CMN Tenaris se destaca por su condición de líder mundial en la producción de tubos de acero y servicios para la industria del petróleo y gas, y para aplicaciones industriales y automotrices especializadas. Una condición de “portaaviones”, que no solo la destaca dentro del grupo sino también del conjunto de empresas argentinas, latinoamericanas y de países emergentes.

Tenaris vio la luz simbólica el 30 de abril de 2001, fecha del lanzamiento en Houston de la nueva marca global, y cobró vida económica el 17 de diciembre de 2002, cuando comenzó a listar en el New York Stock Exchange (NYSE). Se trata de una empresa joven. Para ese año, Tenaris se ubicaba como líder en el mercado mundial de tubos sin costura OCTG, insumo estratégico para la industria petrolera, con el 34% de participación de mercado. En tanto, su posición en el mercado de tubos en general, la suma de gas, energía e industrias mecánicas, ascendía al 20%. Ese mismo año exhibió una facturación de 3.219 millones de

dólares, derivada de una capacidad de producción de tres millones de toneladas de tubos sin costura y 850 mil toneladas de tubos soldados desde sus plantas en la Argentina (Siderca y Siat), Brasil (Confab), Canadá (AlgomaTubes), Italia (Dalmine), México (Tamsa), Japón (NKK Tubes) y Venezuela (Tavsá).

La orientación hacia el cliente, reflejada en el nuevo eslogan “Tecnología en el producto. Innovación en el servicio”, estuvo basada en la aplicación de la más variada gama de tecnologías de la información y la comunicación para la mejora de la productividad y para el acercamiento a los clientes mediante la provisión de servicios de valor agregado. El logo de Tenaris, un símbolo multibarra, tuvo la intención, además, de representar la unión de todas las plantas acereras del grupo y de la población multicultural de sus empleados. El isologo, similar a un código de barras, intenta también ser un símbolo de la transformación de los mercados, cuya clave es la flexibilidad y la personalización de los servicios mediante la adopción de códigos y símbolos universales gestionados por estructuras reticulares soportadas por tecnología de la información (Tenaris, 2001).

Al término del año 2005, Tenaris exhibía resultados anuales excepcionales. El informe de dicho año señalaba que había alcanzado ventas netas por 6.736,2 millones de dólares.¹ Un incremento del 63% respecto de 2004, con ventas por 4.136,1 millones de dólares. En 2006, la empresa dio un nuevo salto adelante con la adquisición de Maverick, el primer productor en Estados Unidos. El acceso a este mercado había sido difícil hasta ese momento debido a la protección que los productores locales lograron a través de demandas anti-*dumping* (impulsadas, entre otros, por Maverick). Las ventas totales de la empresa, tras las adquisiciones de Maverick y de Hydrill, alcanzaron en 2007 10.042 millones de dólares, con un incremento del 30% respecto del año anterior, y alcanzando el 40% de participación en el mercado mundial de OCTG.

Una característica que la distingue del resto de las CMN es que no tiene una oficina central corporativa (*headquarters*). De hecho, se trató de una estrategia explícita: “Rocca creía importante desarrollar no uno sino varios centros geográficos en Tenaris” (Catalano, 2004: 6). La sociedad comercial tenía domicilio social en Luxemburgo, cuatro oficinas corporativas “principales” ubicadas en Buenos Aires, ciudad de México, Houston y Milán, y su CEO, Paolo Rocca, repartía su tiempo entre la Argentina, Italia, México, Estados Unidos y el resto del mundo.

La construcción de la empresa fue, desde 1954, un proceso de transformación profunda de una industria “madura” y tradicional, con una primera etapa de la elevación de la productividad de la planta alcanzando niveles de la competitividad internacional. En 1976, año de su transformación, exportaba tan solo el

¹ <<http://www.tenaris.com/media/pr/prFiles/1717.pdf>>, abril de 2008.

11% de su producción. El aumento de las exportaciones comenzó luego de la crisis de 1963 que había afectado a YPF, la petrolera estatal argentina, principal cliente. En 1988 pasó al 61% y llegó al 83% en 1993, momento en que inició la extensión de la red global de producción. Entre 1976 y 2001, la productividad de Siderca se multiplicó por seis, pasando de 3,29 toneladas/hombre a 22,83 toneladas/hombre.

La expansión en los mercados externos comenzó durante la década de 1980; y en la década siguiente, ya lograba ubicarse como el principal jugador en el mercado latinoamericano con el control de Tamsa en México en 1993. Tres años después adquiere acciones que le permiten dirigir la operación de Dalmine de Italia. Así, Siderca se convirtió en el mayor exportador de tubos sin costura en el mundo. Con la incorporación de Dalmine, no solo fue el mayor exportador sino también el mayor productor en el mundo, con una capacidad anual de casi 2 millones de toneladas.

Una estrategia de posicionamiento centrada en la provisión de tubos de calidad llevó al límite su penetración en los mercados externos. Pero hacia el final de la década de 1980, surgió la impronta de un nuevo escenario. Se pasó del paradigma de la calidad de la producción al paradigma de la innovación en los servicios y el liderazgo en tecnología. Se reformuló el negocio para que permitiera pasar de un precio estándar de 400 dólares la tonelada a los precios de los productos *premium* de 600 dólares la tonelada. Por lo tanto, más que salir de un producto *commodity*, el crecimiento de Siderca y la creación de Tenaris resultó en una estrategia de entrada al nuevo negocio global del mercado OCTG.

Los tradicionales líderes de esta industria, *players* japoneses como Sumitomo Metal Industries y Kawasaki Steel, líderes en el cercano y lejano oriente, o europeos (alemanes y franceses) como Vallourec & Mannesmann, se vieron sorprendidos por los desafíos planteados por Tenaris. La mejora de la productividad de las plantas fue motorizada por el trabajo colaborativo o en red, el trabajo en equipo en tiempo real de grupos articulados y el rediseño de tecnología de procesos. Esto fue sucedido por el diseño de tecnologías de productos, la innovación en los servicios de comercialización y posventa mediante la incorporación masiva de nuevas tecnologías de la información, y favorecida por una estructura corporativa “multilocal” que eludió la centralización y la homogeneidad.

La conectividad, una característica saliente de la empresa-red, fue la prioridad del diseño organizacional. El proyecto empresarial según su CEO, Paolo Rocca, rezaba: “A través de nuestra red global de producción y comercialización, y de la implementación de productos *e-business*, nuestro personal está dedicado a la creación de un sistema transparente que integra producción, abastecimiento, distribución y servicio al cliente” (Techint, 2001: 23). La configuración de Tenaris como una red de redes que entrelaza la función de producción con la

función de comercialización y sus diferentes subsidiarias con los diferentes puntos centrales fue una respuesta esperable dentro del concierto de las CMN. Ahora bien ¿cuáles fueron las partes identificables de la composición de Tenaris? Básicamente podemos diferenciar dos: una red comercial, conocida como *TenarisNetwork*, que operaba en veinte países en las principales regiones de los mercados mundiales de tubos para el petróleo y gas y de tubos industriales; atendía los requerimientos de cuatro segmentos de mercado: *Oilfield Services*, *Pipeline Services*, *Process & Power Plant Services* e *Industrial & Automotive Services*; y una red de producción global de tubos sin costura presente en la Argentina (Siderca), Canadá (AlgomaTubes), Estados Unidos (Maverik), Italia (Dalmine), México (Tamsa), Japón (NKKTubes) y Venezuela (Tavsá) encargada de proveer a los mercados domésticos y de exportación; y una red de producción de tubos soldados de alcance regional mercosur: la Argentina (Siat) y Brasil (Confab).

Si bien es difícil pensar estas dos redes funcionando en forma paralela, para fines analíticos describiremos la red comercial y la red de producción de Tenaris antes de establecer sus antecedentes en la red de conocimiento desarrollada en Siderca en la década de 1980.

RED COMERCIAL

Las funciones de venta y servicios al cliente de Tenaris se soportaron por una retícula global física y digital. A la presencia de oficinas, depósitos y servicio técnico licenciado en muchos mercados se añadieron servicios de valor agregado por vía digital. La *TenarisNetwork* operó en las principales regiones de los mercados de tubos para el petróleo y gas y de tubos industriales, en 21 oficinas comerciales, y los depósitos de administración de stocks, centros de soporte técnico y centros de atención telefónica brindan una amplia gama de servicios de valor agregado (Silveti, 2001).

Los servicios fueron la base del posicionamiento de la empresa. Para brindar a las divisiones de *upstream* de las empresas petroleras, se diseñaron soluciones integrales de manejo de la cadena de abastecimiento, que incluyeron manejo de inventario, entrega *just in time*, provisión de accesorios, mejora de instalaciones de pozos y atención de emergencias. También se le agregó a la competencia con otras acereras, una nueva lista de potenciales competidores con las empresas proveedoras de servicios de la industria petrolera como Halliburton, Schlumberger, BJ Services y Baker Hughes, entre otras.

La infraestructura de servicios cercanos de oficinas, operadores y licenciarios físicos se completó mediante el apoyo de herramientas web de las operaciones del cliente en el campo, generando comunicación permanente y procesos

transparentes y flexibles. Por ejemplo, se implementaron herramientas de comercio electrónico, servicios de pedidos en línea como *Accesorios RFQ* o servicios de ventas de sobrantes como *Surplus Manager*, espacios virtuales con herramientas de trabajo colaborativo para manejar proyectos de alianzas con clientes de largo plazo como *Project Center*, *Project On-line* o *Project Synergy*. También se implementaron herramientas de productividad, como asistentes de planificación y evaluación de materiales (*Material Selector*), asistentes para la estimación de presupuestos (*Estimator*), asistentes de stock (*Easy stock*), así como archivos de conocimiento con documentación útil para la práctica de los clientes como *Performance metrics* y *Documents and history*.²

Entre estas herramientas se destaca *Tenaris Tracking*,³ un servicio de seguimiento en línea de la evolución de los pedidos de compra de tubos y accesorios desde el proceso de la planificación y producción en las acerías hasta la entrega en el punto de uso. Como se trata de un servicio web basado en el concepto de trazabilidad, está disponible en cualquier lugar del mundo y brinda información de las órdenes de las acerías de la red de producción global; conecta sin intermediarios la producción con la distribución. Estos servicios no solo permiten observar el cronograma de planificación en planta, los tiempos de producción, las fechas de embarque y entrega en tiempo real de cada orden de compra, sino también permiten un total acceso a la documentación –por ejemplo, certificados de calidad, documentos de embarque, y facturas inmediatamente después de producidas– y acceso en línea al estado de cuenta de cada cliente.

Tanto los servicios en línea como la estructura de la red comercial están adaptados a los segmentos de mercado servidos como mencionamos antes. Esta personalización es transparente para el usuario y asistida por metodologías de construcción de comunidades como se puede observar en la división *Pipeline Services*,⁴ donde se presentan las comunidades de diseñadores de ductos, gerentes de compra y gerentes de proyecto. Inclusive Tenaris presta servicios de diseño de pozos petroleros. El estudio de las distintas condiciones del subsuelo y el conocimiento de las estructuras de muchos yacimientos le dio a la red comercial la capacidad de disponer de expertos geólogos para el asesoramiento de los perforadores. Esta estrategia de marketing de servicios de “transparencia” informativa y de asistencia al cliente se extiende a las necesidades que tienen los clientes en plantas petroquímicas, refinerías de petróleo, plantas generadoras de energía y aplicaciones mecánicas de la industria automotriz.

² <http://www.tenaris.com/en/ProductsServices/ProcessPowerPlant/web_ser_estimator.asp>, abril de 2008.

³ <http://www.tenaris.com/en/ProductsServices/Pipeline/web_ser_tracking.asp>, abril de 2008.

⁴ <<http://www.tenaris.com/en/ProductsServices/Pipeline/default.asp>>, abril de 2008.

RED DE PRODUCCIÓN

La red comercial y de servicios tiene un sustento logístico en la red de producción que podría identificarse como el corazón de Tenaris; una red global de acerías productoras de tubos sin costura que complementa la especialización productiva y la ubicación geográfica de cada planta, permitiendo una oferta amplia de paquetes de productos bajo una misma garantía de calidad y abastecidos mediante el sistema *just in time* con cobertura planetaria. Es una red de producción de geometría variable que se ajusta a la demanda cambiante de los mercados globales.

Siderca SAFTA inició sus operaciones en 1954 como el primer productor de tubos sin costura en América del Sur, con una capacidad inicial de 40 mil toneladas, sirviendo en forma exclusiva al mercado doméstico. En la década de 1960, se fusionó con Dalmine SAFTA (otra firma de tubos del Grupo Techint, que no se debe confundir con Dalmine de Italia) y formó Dalmine Siderca. Luego, la empresa resultante volvió a identificarse con la marca Siderca.

La organización Siderca comenzó a adquirir forma de empresa-red en su estructura productiva fuera de la planta original, cuando compró las acciones que le dieron el control operativo en otras dos empresas del sector, Tamsa de México en 1993, y Dalmine de Italia en 1995. Tamsa también fue una empresa relacionada con el fundador de Siderca, Agostino Rocca, antes de que este emigrara a la Argentina. Como se mencionó anteriormente, Agostino Rocca inició su carrera como ingeniero en Dalmine, la firma estatal de acero, y llegó a ser el Director General de la compañía. Luego de la Segunda Guerra Mundial, se trasladó a México y ayudó a fundar Tamsa antes de instalarse definitivamente en la Argentina, donde fundó Techint en 1945 (Mendes de Paula, 2000).

Siderca siguió una fórmula de la arquitectura de empresa-red y de la dinámica periférica del capitalismo informacional. Tejió dos puentes red para soportar la estructura de una red global de producción. El concepto de puente red (*web bridge*) proviene de la biología y sirve para explicar la construcción de una red desde cero. El método se inicia con el despliegue de un hilo desde un punto a otro, por ejemplo de un árbol a otro, y luego por acción de la gravedad, ese hilo se desliza hacia abajo y continúa el tejido. El puente red es el primer paso que sigue una araña en su método de tejido de su tela; es el soporte principal en el inicio de una red cuando esta solo incluye a dos nodos. Si la araña tiene que luchar contra la gravedad, una empresa ubicada en la periferia debe luchar contra el dominio de empresas en mercados centrales mediante el rodeo de dichos mercados y la vez mediante el paulatino acercamiento. Estas tres acerías serían la base de sustentación de la red de producción.

La red global de producción de Tenaris tuvo en su inicio forma de alianza: DTS, sigla de Dalmine, Tamsa y Siderca. Con la adquisición de Tamsa se alcanzó

el 25% de participación del comercio mundial de tubos OCTG y Siderca se convirtió en el mayor exportador de tubos sin costura en el mundo. Como se dijo antes, con la incorporación de Dalmine no solo fue el mayor exportador, sino también el mayor productor en el mundo. Solo veinte gerentes argentinos se trasladaron a Dalmine y a Tamsa. La producción de las plantas se combinó: cada una, además de abastecer el mercado local, se complementó para proveer los mercados externos. Esta alianza estratégica ayudó a resolver los problemas logísticos que sufría Siderca en la última etapa en solitario.

Si un equipo de perforación tenía que esperar muchas semanas la entrega de un tubo de repuesto, el cliente consideraba el cambio de compañía proveedora. Las compañías locales, especialmente en Estados Unidos donde disponían de depósitos frente a los campos de petróleo, no tenían estos problemas, pero las exportadoras como Siderca sufrieron esta barrera de entrada por su ubicación, lejana de los centros de consumo hasta 1993. Para 1997, con la alianza DTS, los tiempos de entrega fueron ajustados a dos días mediante la red de depósitos y la red de producción combinadas.

La alianza también permitió la complementación de la gama de productos. En el sector de tubos mecánicos, Dalmine tenía una cuota importante con una alta participación en el mercado industrial europeo. Siderca, especializada en tubos pequeños OCTG, se complementaba con Tamsa ampliando la gama de productos dado que esta producía tubos de gran tamaño. Además, Tamsa daba grandes ventajas logísticas por su mayor accesibilidad al North American Free Trade Agreement (NAFTA).

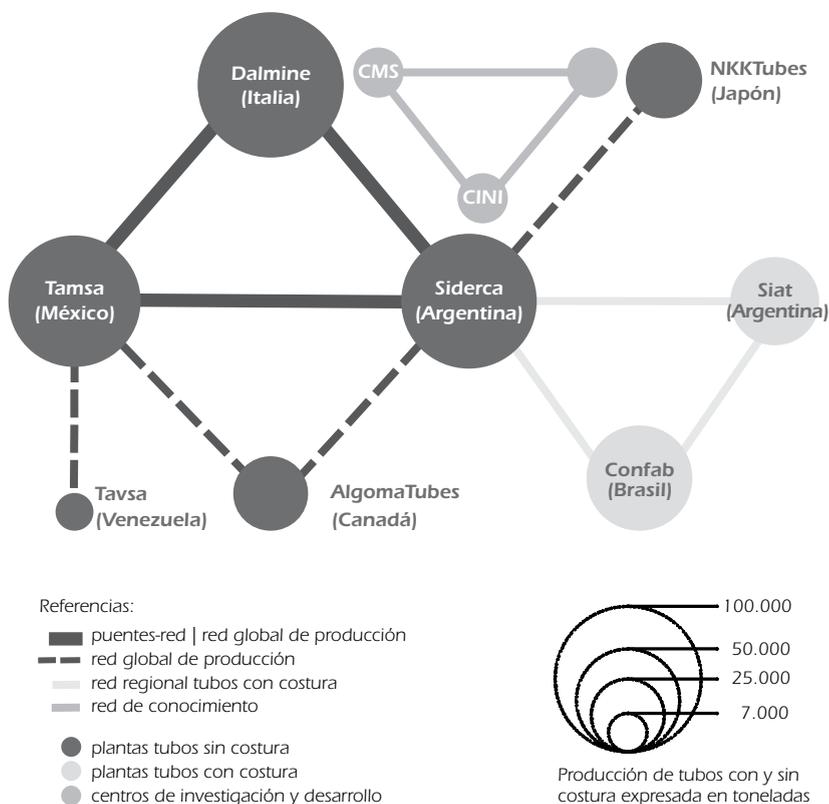
Si bien la internacionalización de la industria fue liderada por compañías japonesas y europeas, a partir de la compra de Dalmine, Siderca sobrepasó a la competencia. Compañías como Kawasaki, Sumitomo, Nippon Steel o V&M comenzaron a retraerse de los mercados. El único de los mayores mercados en el cual Tenaris mantuvo una presencia pequeña fue Estados Unidos, el cual fue dominado por firmas locales con una fuerte protección arancelaria y parancelaria hasta que en 2006 adquirió Maverick (Tenaris, 2007).

Tamsa y Corporación Venezolana de Guyana fundaron Tavsa, en 1998. Esta compró la acería de tubos sin costura Sidor. Con esta adquisición, añadieron un nodo más a la red de producción en el área latinoamericana. Al año siguiente, Siderca completó la red regional de producción de tubos con costura. Esta había comprado Siat de la Argentina en 1986, y con la Confab de Brasil, empresa pública que operaba y de la cual controlaba el 39% de las acciones, completó la cartera de productos de tubos con costura para América Latina.

En 2000, la incorporación de NKKTubes y AlgomaTubes aumentó la complejidad de la red y las sinergias experimentadas por DTS. La incorporación de NKKTubes, resultado de un *joint venture* entre Siderca y NKK, el líder japonés en

la producción de acero y conocido por su tecnología, que cedió el 51% del paquete accionario, permitió tener una nueva ubicación estratégica global y fundamentalmente acceso a la producción de cuplas y conexiones *premium* con la tecnología de Cromo 13. El acuerdo estratégico le dio a la alianza DST una nueva dimensión debido a que establecía también una red global de investigación y desarrollo con las tres compañías de la alianza que disponían de recursos de I+D: NKK, Siderca y Dalmine.

Gráfico 1. Red global de producción y red de I+D de Tenaris (2001)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de Tenaris.

En ese mismo año se unió a la alianza AlgomaTubes de Canadá, planta de tubos sin costura de Algoma Steel Inc., que había sido desactivada en 1999. Mediante este acuerdo, Algoma Steel licenció la planta a Siderca y de esta forma se estableció una nueva forma de acceso al NAFTA (Robertson, 1999).

La red global de provisión integrada de productos y servicios tubulares, una compañía que a fines de 2005 había transformado y puesto al día las prácticas de provisión de tubos a los grupos petroleros e industriales, y *benchmark* obligado, a mediados de la década de 1970 había sido solo un puñado de compañías sin conexión, y Siderca, el nodo constructor de la red, una compañía del Grupo Techint que producía tubos de calidad mediocre para los estándares internacionales (Bär, 2002).

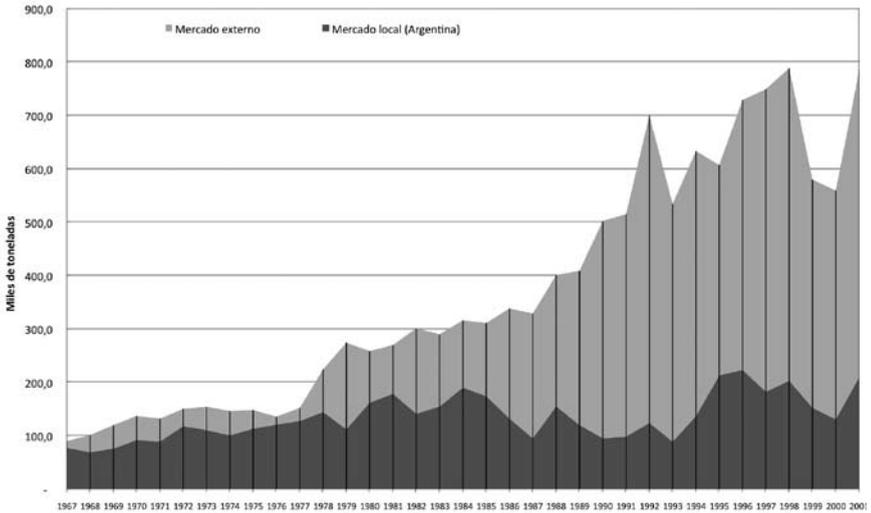
EL DESPEGUE

Siderca creció desde su fundación a la par de la industria petrolera estatal argentina hasta 1977. Si bien la exportación fue un objetivo de negocios desde el inicio, en particular luego de la crisis de 1963, nunca exportó más de 50 mil toneladas. Alcanzado el techo del mercado local, la única expectativa de crecimiento se ubicaba en la exportación. Entonces, pasó de exportar del 20% de su producción a fin de la década de 1970, a exportar el 80% a principios de la década siguiente.

Hasta 1976, la calidad de los tubos que se producían en la planta de Siderca era relativamente baja. De cualquier manera, satisfacían los estándares de la demanda local, mucha de la cual provenía de YPF, la monopólica compañía estatal del petróleo. La decisión de expandirse en los mercados externos requirió subir los estándares de calidad, por lo menos para igualar los más bajos del mercado mundial. Desde 1976, se realizaron programas de inversión en la planta de Siderca, en la localidad de Campana, que expandieron la capacidad productiva y modernizaron su tecnología.

El sector de tubos sin costura es tecnológicamente por definición más sofisticado que el promedio del sector siderúrgico. En contraste con los aceros planos, tiene importantes barreras de entrada. La tecnología avanzada requerida en el sector se traduce también en un nivel más alto de valor añadido por kilogramo, reduciendo la importancia relativa de los costos de transporte en los precios finales del bien. Además del tipo de tecnología, otra barrera de entrada para alcanzar estándares de productividad aceptables, era la escala mínima efectiva.

La industria del acero tiene una escala mínima de eficiencia de planta, alrededor de un millón de toneladas. El nivel de demanda mundial difiere en el orden de magnitud. Mientras que, en la década de 1980, el acero plano tenía una demanda de 400 millones de toneladas, se demandaban 10 millones de toneladas

Gráfico 2. Ventas de tubos sin costura, 1975-2001 | Tenaris Siderca

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Memorias y balances de Siderca SAIC, Dalmine Siderca SAIC y Siderca Safta.

de tubos sin costura. La escala de eficiencia mínima relativa era cuarenta veces mayor en el sector de los tubos sin costura que en acero plano. En consecuencia, era raro que una firma pudiera vender toda su capacidad de producción en el mercado local (Toulan, 1997).

Para esta pequeña acería sudamericana, la mejora de la productividad fue sinónimo de expansión de la capacidad productiva y, por lo tanto, sinónimo de exportación. Con la reconstrucción de sus laminadores sobre mandril, la capacidad fue aumentada a 300 mil toneladas. Un año antes se construyó una planta de reducción directa, que permitió a la firma eliminar la dependencia de los *inputs* de acero primario de SOMISA (Sociedad Mixta Siderúrgica Argentina), por entonces la acería estatal.

Las exportaciones en esos primeros años fueron relativamente pequeñas y manejadas exclusivamente a través de intermediarios. No fue sino hasta principios de la década de 1980 que la firma desarrolló una estrategia para mejorar su posición en la industria, atacando más agresivamente los mercados externos. Lo hizo en un momento de la historia de la industria en el cual Japón, Bélgica y el Reino Unido cerraban plantas como resultado de la caída del precio del petróleo, hacia 1982 (Mendes de Paula, 2000).

Los cambios del mercado producidos por la caída del precio del petróleo resultaron una oportunidad para aquellas acerías que dispusieran de inversiones

blandas. Siderca aprovechó dichas inversiones, producto del apoyo estatal, y en 1988 completó la construcción del segundo laminador en caliente, que incrementó la capacidad a 650 mil toneladas en un amplio programa de inversiones de 646 millones de dólares entre 1985 y 1989. En el período 1976-1988 se invirtieron 1.253 millones de dólares, se triplicó la producción y las exportaciones se multiplicaron por 16.

El aumento exponencial de las exportaciones requirió un esfuerzo comercial desconocido para la empresa. Para tener acceso a un mercado pequeño, disperso y más sofisticado, la empresa debía desarrollar el “saber hacer” comercial. Desde principios de la década de 1980, Siderca comenzó a focalizarse más en las necesidades de los consumidores extranjeros construyendo una red internacional de oficinas comerciales. En 1980, se constituyó Siderca Internacional y a los dos años estableció su primera oficina comercial en Houston. Primero se introdujo en los mercados donde los intermediarios no llegaban –China, por ejemplo– y gradualmente comenzó a desplazar a los intermediarios con ventas directas en el resto de los mercados. Para 1985, el uso de intermediarios había sido eliminado completamente. La desventaja geográfica de la firma, por lo tanto, produjo el desembolso de considerables inversiones para la construcción de la red. Si bien había crecido 16 veces el volumen de las exportaciones desde 1976, pasando de 15 mil toneladas a 289 mil toneladas en 1988, las ventas eran en su mayoría de bajo contenido de valor agregado.

El eslogan de la compañía pasó a ser “Estar cerca del cliente”. El modelo de negocios también se extendió hacia los servicios de valor agregado, como los servicios en el campo antes y después de la venta, así como la asistencia en el diseño de las cadenas de tubos en los pozos. También se ofreció en este modelo la asistencia y el entrenamiento de los clientes.

Paradójicamente, las barreras de entrada, la escala y la tecnología de producción, contuvo la construcción de la red de producción global. Hasta la adquisición de Tamsa y Dalmine, toda la producción de Siderca se hacía en la planta argentina. Campana se constituyó en un nodo con diferentes *inputs* en su interior. Hasta 1993, desde esta planta industrial ubicada al norte de la capital de la Argentina, se coordinaron los componentes de producción, la red comercial con sus siete oficinas y sus depósitos, y la investigación y el desarrollo de la firma. Todos estos nodos estaban concentrados en el área metropolitana extendida de Buenos Aires.

Siderca tomó el camino de la internacionalización, que se operacionalizó mediante la expansión de la capacidad de producción, el desarrollo de una red de distribución mundial, la búsqueda de la calidad y la excelencia productiva; y la puesta en línea de una red local de conocimiento, que luego fue el código fuente de su expansión global.

REDES DE CONOCIMIENTOS

Luego de la instalación del segundo laminador de colada continua en 1988, se abrió una nueva etapa en Siderca. La compañía tenía el potencial de alcanzar los mejores estándares internacionales. Se había instalado la última tecnología y se habían establecido oficinas comerciales en el exterior. En esta nueva etapa, el crecimiento de las exportaciones casi se duplicó, pasando de 246 mil toneladas en 1988 a 446 mil en 1993. En el mismo período, la productividad siguió creciendo al mismo ritmo promedio que en el período anterior, llegando a 12,66 mil toneladas/hombre. En esta nueva etapa aparece la constitución de la red de conocimiento.

La red local de conocimiento fue una construcción producto de la acción coordinada de varios programas. Por un lado, el programa de I+D creó el área y la conectó a la producción y a las necesidades de los clientes diseñando tecnologías de proceso y de producto. Por el otro, los programas de aseguramiento de la calidad, formación de mandos medios y grupos de mejora continua realizaron perfeccionamientos en los procesos de producción y alinearon el ritmo de la planta con los requerimientos de los clientes. Por último, el desarrollo de proveedores que inicialmente estaban asociados a los planes de calidad luego evolucionó al desarrollo de herramientas de *e-procurement*. Las redes locales de conocimiento se establecieron no solo dentro de Siderca, sino también en conexión con otras empresas del Grupo Techint.

Entre 1988 y 1993, el uso intensivo del correo electrónico, la automatización de procesos y la práctica del trabajo colaborativo permitieron desarrollar tecnología, calidad y proveedores, y sentaron las bases mínimas para el ingreso de la firma en la era de la información.

RED DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Los tubos sin costura son un insumo estratégico para la industria petrolera: son una variable fundamental en los costos de exploración y extracción, proceso conocido como *upstream*. Del diseño y la fabricación libre de imperfecciones de los tubos sin costura y de sus accesorios depende el éxito o el fracaso de un pozo de petróleo. Un pozo de petróleo promedio tiene alrededor de 4 mil metros de profundidad, y los tubos van conectados en serie. Si uno falla, se pierde el pozo y con él entre 20 y 30 millones de dólares. Se trata de un sector dentro de la industria de acero que gestiona productos de alto valor agregado relativo.

Esta industria dispuso de laboratorios desde el inicio. La investigación y

desarrollo de tubos de acero fue liderado por empresas japonesas y alemanas, un *benchmark* que Siderca debía tomar en cuenta y que le resultaba sumamente difícil de igualar, ya que hasta 1987 no tenía unidades dedicadas a dichas tareas. En tanto estas empresas disponían de laboratorios funcionando desde hacía más de cien años, Siderca recién los impulsó en 1987. Se conformó un grupo de seis investigadores procedentes de la dirección técnica central de la Organización Techint, de otros equipos del Grupo –como la división Techint Nuclear de aquella época– y del sistema científico argentino, reunidos con algunos expertos recién llegados desde el exterior. El objetivo era mejorar y optimizar los procesos de producción de tubos a fin de elevar su calidad, desarrollar nuevos productos sobre la base de aceros mejorados y, también, el diseño de accesorios.

Si bien era lógica la decisión de iniciar las operaciones de un centro de investigación y desarrollo, no dejaba de ser una innovación para empresarios en países emergentes. Habitualmente, los esfuerzos en investigación en estos países están sujetos a la iniciativa estatal. En el caso de Siderca fue diferente. Roberto Rocca, el mayor de los hermanos, había ingresado a Techint recién después de obtener el título de doctor en Ciencias (PhD) en metalurgia en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 1950, práctica que siguieron sus hermanos.

En pocos años, se consolidó el Centro de Investigación Industrial (CINI) sin una tradición previa en actividades de investigación y desarrollo en las áreas de metalurgia y materiales, y en particular de la problemática de la calidad y la productividad de las plantas de acero de tubos sin costura. Se establecieron relaciones con laboratorios externos, tanto universitarios como del complejo tecnológico nuclear argentino, la Comisión Nacional de Energía Atómica y el Instituto Balseiro, que disponían de la experiencia y el conocimiento más avanzado sobre metalurgia en la Argentina. El contacto natural de los científicos con sus pares en diferentes instituciones les permitió acceder a recursos difíciles de encontrar en la industria privada.

En una empresa y un país sin tradición de investigación aplicada y desarrollo de tecnología en la industria privada, la experiencia de disponer de científicos dentro de una acería fue un experimento engorroso. “En los primeros años, la falta de comunicación entre la planta y el CINI fue dramática. Durante mucho tiempo, el Centro no respondió a las expectativas de la planta y, por otro lado, los investigadores se sentían absolutamente fuera de contexto”, describía el director del CINI (Bär, 2002). El CINI y la planta de Siderca eran dos islas entre las cuales había que tender puentes para poder establecer rutinas de trabajo en equipo. Estos puentes serían también los *web bridges* de la red de conocimiento de Tenaris.

Al poco tiempo de su fundación, el Centro fue auditado por un consultor externo, un académico del MIT, autoridad en el área de ingeniería en materiales, que evaluó los programas de investigación. La auditoría, en vez de criticar las actividades como demasiado académicas, como suponían la mayoría de los gerentes de la planta, concluyó que el grupo estaba demasiado comprometido en las operaciones de la planta y que el Centro estaba en peligro de volverse en no más que un sofisticado grupo de ingeniería de procesos (Pignotti, 1997).

Las decisiones que se tomaron luego de la auditoría en 1989 fueron críticas para la mejora del funcionamiento del CINI. Las empresas del Grupo Techint formaron la Fundación para el Desarrollo Tecnológico (FUDETEC), para que el CINI tuviera autonomía de la planta. De esta forma, se constituyó un nodo de la red de conocimiento dándole servicios a todas las plantas siderúrgicas del Grupo Techint, característica que se mantuvo luego logrando sinergias entre las empresas globales de Tenaris y la regional de aceros planos como Ternium. El centro creció año a año acumulando más investigadores, proyectos de investigación, proyectos de tecnología e inversiones en equipamiento. De un pequeño grupo de seis investigadores, el centro pasó a 35 en 1992, 70 en 2003 y 104 en 2006. En ese año, alcanzó un presupuesto anual de 6 millones de dólares, lo cual hizo comparable la inversión en I+D con las mejores prácticas de la industria (Techint-CINI 2002).

Paulatinamente, la relación con la planta fue fluidificándose hasta consolidarse con los grupos de mejora continua que cambiaron la cultura de la planta desde adentro. Los objetivos del CINI entonces fueron desarrollar nuevos aceros, optimizar procesos, crear modelos matemáticos mediante el método de elementos finitos para simulación digital del comportamiento de productos o procesos, diseñar controles no destructivos para hornos de recalentamiento de metales, estudiar su fractomecánica —es decir, cómo se propagan las fisuras en el material— y diseñar programas que controlen el proceso de laminado de metal.

La singular visión de producir tecnología desde un país periférico se refleja en la siguiente afirmación del director general de Siderca: “Cuando fuimos absorbiendo empresas, nos dimos cuenta de que sufríamos cierto colonialismo cultural, porque nosotros mismos nos sorprendíamos de estar exportando tecnología a países como Japón, nada menos...” (Bär, 2002).

La tecnología de procesos siderúrgicos desarrollada en Siderca se focalizó en lograr especificaciones estructurales y del material de los tubos, permitiendo que algunos puedan ser capaces de soportar altas presiones externas o resistir ambientes corrosivos de acuerdo con las diversas necesidades de clientes en todo el mundo. En el CINI se desarrollaron aceros especiales para pozos profundos, en tubos y varillas de bombeo de baja aleación resistentes a la corrosión en medio carbónico, diseñados especialmente para los requerimientos de determinados

clientes. En el área de tecnología de procesos se realizaron las primeras coladas y el tratamiento térmico de aceros con 5% de cromo en tubos terminados.

Para complementar la investigación sobre tecnologías de procesos se iniciaron trabajos sobre tecnología de producto, respondiendo a las demandas del área comercial. Los intereses de investigación se extendieron más allá de las áreas productivas encontrando *inputs* también entre los clientes. Los avances en la obtención de aceros resistentes y el diseño de nuevos materiales a medida del cliente, junto con el concepto de trazabilidad aplicado a lo largo del proceso de producción y la cadena de abastecimiento al cliente que conformaban el servicio web *TenarisTracking*, fueron la base de las competencias esenciales de la empresa. La posibilidad de adaptar la producción a las demandas de los clientes, resultado de la aplicación de tecnologías flexibles de proceso combinadas con la trazabilidad de la distribución y el servicio posventa fijaron un nuevo estándar para el sector.

El diseño y la tecnología de producto también fue un *metier* crítico. Un pozo de petróleo usa una conexión cada doce metros. Considerando un pozo de 4 mil metros, se requieren más de trescientas conexiones, roscas que unen dos secciones de caño. El desarrollo y mejoramiento de estas roscas es una *core technology* debido a que pueden duplicar el precio del tubo. Como tienen que resistir las mismas presiones y ambientes que los tubos, y además ser sellantes, esto es, impedir que se filtren el gas o el petróleo, se trata de una tecnología esencial.

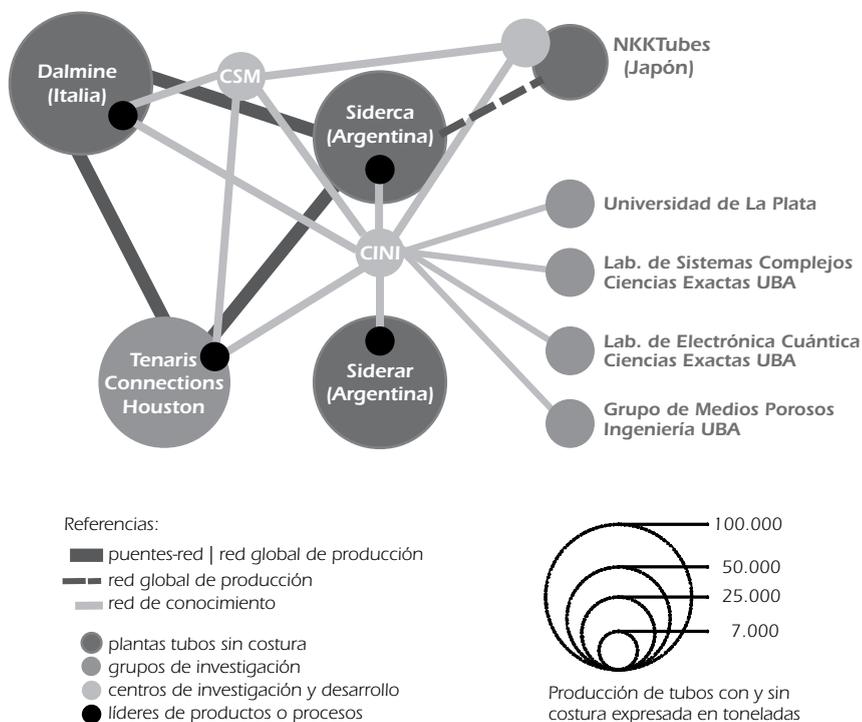
La red de conocimiento, además de establecerse con la planta, se desarrolló con la comunidad científica internacional a medida que el centro se fue consolidando. Al ser un centro joven tuvo la ventaja de dirigirse directamente a las áreas de conocimiento en siderurgia más innovadoras, tales como mecánica computacional, sin sufrir la carga de las áreas de conocimiento “conservadoras” (Techint-CINI, 2002).

La función de la red de conocimiento fue producir conocimiento, publicar *papers* en congresos y *journals* científicos, y generar tecnología mecánica de productos tubulares, tecnología de producción de acero y tecnología de hornos. Con estos objetivos, los investigadores del CINI se relacionaban con instituciones académicas y formaban equipos con otros investigadores del Grupo Tenaris para desarrollar tecnologías: con el Centro de Sviluppo di Materiali (CSM), centro de investigación del sector siderúrgico italiano en el cual Tenaris tenía una participación, con el grupo de desarrollo de NkkTubes, con el cual se trabajaba por contrato, y con los líderes de procesos o productos de las plantas. Un ejemplo fue el diseño del producto TenarisBlue, el *high end*, o la familia de conexiones *premium* conocidas hoy como TenarisConnections (Techint, 2002).

Esta conexión *premium* de tecnología propietaria fue diseñada y desarrollada por un equipo multilocal de I+D con nodos en la Argentina, Italia y Japón: una red integrada de laboratorios especializados.

El CINI también estimuló la relación con centros de investigación universitarios en el área metropolitana de Buenos Aires como los de la Facultad de Ciencias Exactas y de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires y de la Universidad Nacional de La Plata, creando lazos con grupos de investigación básica (Techint, 2002).

Gráfico 3. Red de I+D de Tenaris (2006)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de Tenaris.

CALIDAD Y TRABAJO COLABORATIVO

La experiencia del CINI fue crucial, no solo para lograr posiciones de liderazgo tecnológico en los tubos sin costura, sino que también fue un factor de arraigo de la cultura de mejora continua en los procesos productivos de Siderca, extendiendo las prácticas de trabajo en red y expandiendo la red de conocimiento en la planta.

Guillermo Noriega, director general del Grupo Tenaris, dijo sobre la conveniencia de desarrollar la función de I+D en Tenaris:

La inclusión de los investigadores en la planta, permitiendo que convivan con los procesos operativos, nos permite obtener respuestas mucho más eficientes y concretas. Antes, a veces existía una brecha. La gente decía ¡uy!, le voy a pedir algo a Dvorkin (director del CINI) y me va a contestar dentro de dos años. Hoy no. Confían plenamente en que, para resolver su problema, en la cadena de solución está el CINI. Es un proceso que está cada vez más aceitado. La gente lo compró, de los dos lados, y eso hace que la línea de producción pregunte al centro de investigación y este responda. Eso creo que es un valor que hemos logrado y que permite que las decisiones al final sean más ricas. [...] Es importante subrayar que, de ser tomadores de tecnología, pasamos a ser generadores de procesos y productos. Y lo importante es que esto ya es parte de nuestra cultura. Es una cultura nueva, de alguna forma (Siderca, 1995).

La cultura de la articulación variable de grupos de producción para la mejora continua nació en forma paralela al CINI. Luego de la instalación del segundo laminador de colada continua, se abrieron una serie de acciones para promover la participación activa de los trabajadores en las mejoras del proceso. La implementación de la nueva tecnología de producción fue acompañada por un esfuerzo de gestión para lograr el compromiso del personal en la puesta a punto de los desarrollos mediante la ejecución de un programa de mandos medios.

Se podría decir que otro de los factores que aceleró el proceso de la provisión de valor agregado fue el Plan de Convertibilidad de la Argentina, que impactó en los costos relativos del trabajo. Si bien la firma se benefició de los salarios relativamente baratos comparado con los mayores productores del mundo, para cuando se inició el plan en 1991, los productores de tubos de la Unión Soviética comenzaron a atacar los mercados internacionales con productos baratos y de baja calidad. Ambos factores combinados establecieron una nueva presión para una estrategia que superara la simple *descomoditización*, dar servicios a los consumidores más sofisticados y elevar el nivel de complejidad de sus productos y servicios.

Este factor de presión resultó un estímulo para los planes de mejora continua. En el término de tres años, entre 1992 y 1994, se involucraron a 750 personas y se constituyeron 118 grupos de mejora continua. En 1994, Siderca se certificó ISO 9001, y a continuación se lanzó el programa de Calidad Total de Gestión (TQM) en el cual se insistió en “dejar de ser un proveedor masivo de bajo costo” para transformarse en “un proveedor confiable en calidad y entrega con un excelente servicio al cliente” (Siderca, 1996).

Todos estos programas se enfocaron en establecer conexiones transversales en la planta y en producir mejoras incrementales en los procesos de producción. Dijo un miembro de un grupo de mejoramiento continuo: “Cuando cuatro mil cerebros trabajen en equipo, sean escuchados y tengan la información y los medios, los resultados serán inimaginables” (González *et al.*, 1996). La planta de Campana se convirtió en una retícula en la cual existían nodos y que a su vez ella misma era un nodo conectado al área comercial y al I+D. Las redes de conocimiento se construyeron con nuevos medios. El trabajo colaborativo y el trabajo en equipo en tiempo real de grupos reticulados se combinó con la aplicación intensiva de las tecnologías de la información y la comunicación en el seno de la organización.

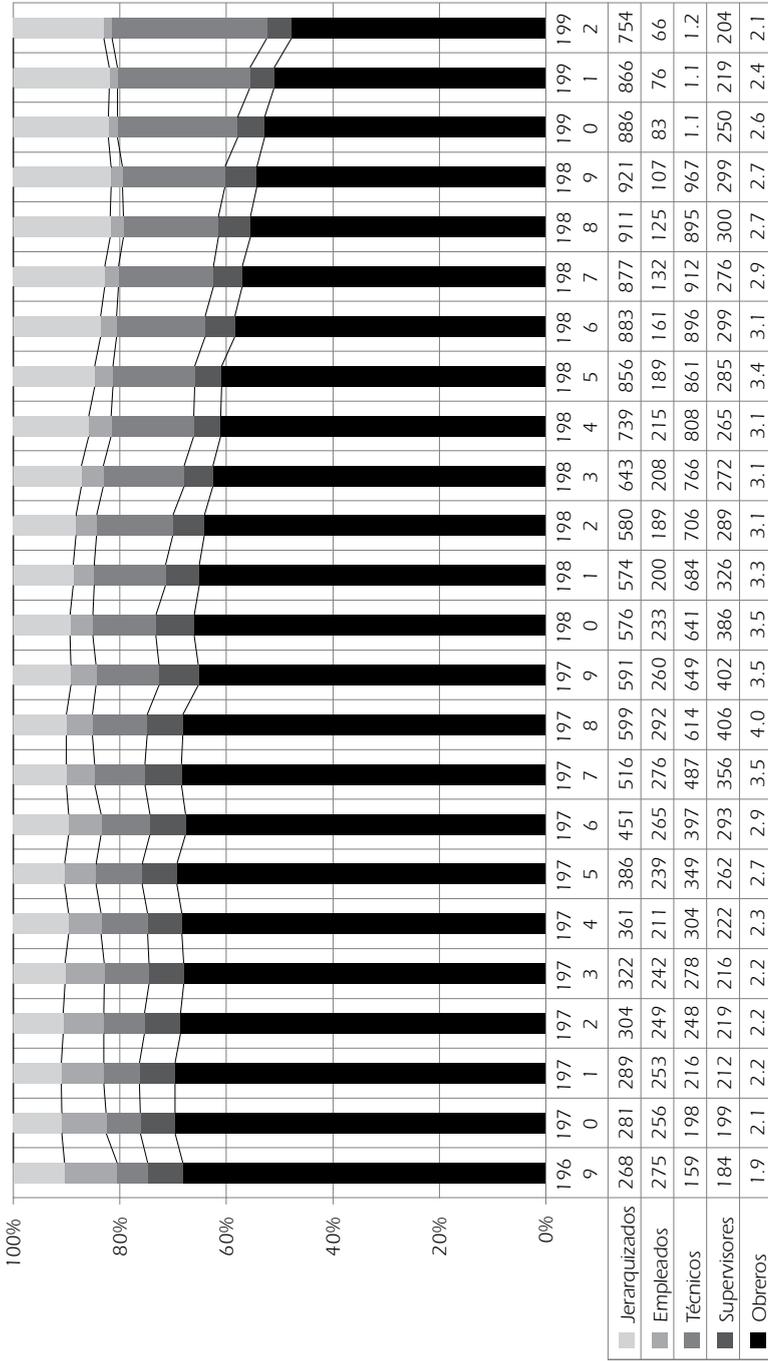
E-INSOURCING

La automatización de la planta trajo consigo un cambio en la composición de la dotación. Entre 1988 y 1992, en tanto que el número de obreros desciende el 24%, de 2.782 a 2.118, los técnicos crecen el 44%, de 895 a 1.289. En áreas donde había más de cien operarios, en 2003 trabajaban apenas ocho, egresados de escuelas técnicas, y todos con el casco blanco, que en la década de 1980 era exclusiva seña de identidad de los ingenieros. La tecnología de procesos fue crítica para la mejora de la productividad, en particular en el área de la incorporación de tecnología informática en los procesos industriales.⁵

Techint fue pionera en la incorporación de TIC. Un ejemplo es el diseño asistido por computadora: fue la primera empresa (1986) en realizar ingeniería de planta, cálculo de materiales y valorización completa de una obra sobre maquetas electrónicas en computadoras *mainframes*. También fue un *early-adopter* en tecnologías de internet: de las primeras empresas en incorporar el correo electrónico, que comenzó a funcionar muy temprano, en 1984. Desde el inicio, fue la instalación de correo electrónico corporativo más grande de América del Sur, no por cantidad de usuarios, sino por la cantidad de sitios remotos. Es reconocida en la Argentina la posición de vanguardia de la empresa como cliente de tecnologías de la información y la comunicación.

⁵ Memorias y balances de Siderca SAIC, Dalmine Siderca SAIC y Siderca Safta.

Gráfico 4. Dotación 1969-1992 | Tenaris Siderca



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Memorias y balances de Siderca SAC, Dalmine Siderca SAC y Siderca Safta.

Esta apertura a las nuevas tecnologías no fue solo moda, sino que incluyó una buena dosis de la actitud *hands on* de la ética del *hacking*. La filosofía de caja blanca por la cual se evitan las llaves en mano y se privilegia el saber hacer interno, las capacidades endógenas y la formación, habla del valor asignado al conocimiento de la tecnología dentro de la organización. “Nuestra filosofía es la de caja blanca, no la caja negra. Queremos quedarnos con la llave, conocer la tecnología que usamos y que nuestra gente vaya evolucionando con ella.” La vocación por los sistemas abiertos fue una señal de distinción. Roberto Rocca, hijo del fundador y presidente del Grupo Techint hasta su muerte, fue “un fanático de Mac”, testimonió un alto directivo del área de sistemas. Si bien para 1987 se definieron redes de PC a cierta escala jerárquica, hubo que integrar la tecnología Apple, ya que había también macs entre los directivos de Siderca, práctica extraña para los hábitos tecnológicos de los ingenieros del acero en la Argentina. La Organización Techint fue una de las primeras empresas argentinas en usar solo sistemas abiertos, pasando de los *mainframes* a los servidores *unix*. Por ejemplo, han desarrollado tecnología propietaria de procesos como el *software* de tipo SCADA (Supervision Control and Data Acquisition) (González *et al.*, 1996).

La firma Tecnología en Sistemas (Tecsis) comenzó a operar en julio de 1996, como una asociación de colaboración empresaria (ACE) entre Siderar⁶ y Siderca. Si bien los procesos de producción de aceros planos son diferentes de los procesos de producción de tubos, comparten mucha de la tecnología de procesos siderúrgicos. Por ello, existe una alta sinergia entre las áreas de sistemas de ambas compañías. Con Tecsis se unificaron algunas actividades para aprovechar aquellas sinergias y evitar la duplicación de tareas. A diferencia de otras empresas de *outsourcing* corporativas, Tecsis no apunta a dar servicios de *outsourcing* a otras empresas ni a comercializar productos fuera del Grupo Techint.

Las áreas involucradas en el *insourcing* fueron tecnología informática y explotación, y se retuvieron las áreas de desarrollo en la órbita del área de sistemas. La empresa actuaba como un nodo más de la red de conocimiento, un “vaso comunicante” entre las empresas, y participaba en actividades tales como el traslado de tecnologías y aplicaciones entre Siderca y Siderar.

En 2001, Siderca –a través de Exiros, la empresa de servicios de abastecimiento en línea del Grupo Techint– centralizó el abastecimiento de todas las plantas del grupo Tenaris, en particular Dalmine, Tamsa, las plantas de aceros planos,

⁶ En 1992, la Organización Techint lideró el consorcio ganador de la privatización de la empresa siderúrgica estatal SOMISA. De la fusión de Aceros Paraná (ex Somisa), Propulsora Siderúrgica, Aceros Revestidos y otras empresas de la Organización Techint nació Siderar, la mayor empresa siderúrgica de Argentina. Siderar formó parte de Ternium, líder latinoamericano de aceros planos, también del Grupo Techint.

Sidor y Siderar. La misma estrategia de *insourcing* aplicada en el área de sistemas se utilizó en el área de compras.

De esta manera, se aseguró el control sobre el proceso de desarrollo de proveedores. Ya a mediados de la década de 1980 se había dado comienzo a un programa sistemático de mejora de la calidad de proveedores. Se cumplió el objetivo de trabajar con el sistema *just in time* y se exigió la certificación ISO 9001. Este programa se basó en las relaciones con los proveedores, desarrollándolos y capacitándolos. La empresa complementó estas acciones con reuniones periódicas para alinear las visiones de negocio y para evaluar cómo funcionaba el sistema de calidad de sus proveedores. La capacitación incluyó comercio electrónico y la introducción a nuevas tecnologías.

Mediante la incorporación de las nuevas herramientas para el abastecimiento, Exiros tuvo que hacer un esfuerzo en la catalogación completando un registro de más de 500 mil ítems industriales cargados en bases de datos, para luego desarrollar la logística de abastecimiento. Esta nueva unidad de negocios de Techint se especializó en la región latinoamericana y en los países que comercian con ella. La plataforma que ofrecía dispuso de diferentes mecanismos de negociación de precios: compra por catálogo, licitaciones, remates inversos, etcétera. Hasta 2003, registraba un volumen de compras de 1.800 millones de dólares, convirtiéndose en una referencia en *e-procurement*.

CONCLUSIONES

De la revisión del caso Tenaris, el primer punto a considerar es su relevancia. Es evidente que su condición de *gigante emergente* no solo lo destaca dentro del conjunto de empresas argentinas, latinoamericanas y de países periféricos, sino que se trata además de un líder mundial en un mercado competitivo (Khanna y Palepu, 2004). Surgen, entonces, varias preguntas: ¿cómo fue posible este *gigante emergente*, multinacional de un país emergente, si no hay antecedentes de empresas de estas características? Este interrogante tiene sentido ya que en la mayoría de los casos las empresas domésticas tuvieron que ceder espacio de mercado ante el avance de CMN de países centrales. ¿Se trata de una propiedad particular de la industria, de esta empresa, o bien hay elementos genéricos que permiten extraer conclusiones para el desarrollo económico de países periféricos en general?

Nuestra hipótesis principal sobre Tenaris es que se incorporó al mercado mundial de OCTG cuando rediseñó la estructura original de Siderca. Efectivamente, la empresa no solo modernizó una organización basada en la producción, sino también la recreó en un nuevo diseño compatible con el capitalismo informacio-

nal, convirtiéndola en una proveedora de servicios de valor agregado y una compañía capaz de crear tecnologías e innovar en productos. Finalmente, se constituyó en una multinacional cuando las condiciones para la emergencia de multinacionales como “redes diferenciadas” estuvieron maduras en su sector.

Otra conclusión que no intenta obtener el desarrollo de la temática es que Tenaris, a diferencia de las multinacionales estudiadas por Nohria y Ghoshal, nació como “red diferenciada”. Tenaris fue líder en la globalización del mercado de tubos sin costura porque logró a la vez diferenciar funciones y mercados e integrar las partes de la corporación garantizando la conectividad y manteniendo su diferenciación orientada a un objetivo consistente de negocios. Estas dos tendencias, diferenciación e integración, se registran también en los fundamentos de la transformación de Tenaris (Bartlett y Ghoshal, 1989).

La empresa adquiere sus atributos característicos en el momento mismo de su concepción: cada unidad nacional/regional fue receptora de los recursos distribuidos en los nodos de la red multinacional. Como señala Catalano, la naturaleza federativa de los lazos entre la matriz y las subsidiarias en Tenaris estuvieron presentes desde su concepción; el grado de integración de las subsidiarias vía mecanismos de socialización fue muy alta desde el principio.

Ahora bien, no solo se trató de promover la diferenciación interna, sea esta producto de una política explícita o de las relaciones de negocio que las subsidiarias tienen con sus socios. El proceso de internacionalización con fronteras organizacionales más permeables aceleró el despliegue global y la inserción (*embeddedness*) de su cultura en las nuevas plantas que fueron adquiriendo y en sus mercados de destino (Forsgren, Holm y Johanson, 2005), asegurando, por otro lado, corrientes de conocimiento más fluido (Kogut y Zander, 2003).

Un tercer aspecto trata la producción de conocimiento y el carácter de la innovación abierta en Tenaris y su impacto en la nueva forma de renovar en el capitalismo informacional. La fluidez del conocimiento organizacional que tiene su matriz en la relación entre Siderca y el CINI permitió, mediante el intercambio de conocimiento tácito en la red de I+D, dar lugar a una estrategia de innovación abierta (Chesbrough, 2003). Aprovechando tecnologías de otras compañías como la tecnología Cromo 13, originalmente de NKK (Furukawa, 1999), introdujo innovaciones –como las conexiones TenarisBlue– o bien comercializó las tecnologías de conexiones de otras compañías –como Antares o Atlas Bradford– que formaron parte de su *portafolio* ajustándose a su modelo de negocios. Esta estrategia es una salida a las formas obturadas de la innovación del período sustitutivo.

Si bien la empresa-red es característica de países desarrollados, el caso Tenaris demuestra que esta nueva forma de gestión se practica también en la periferia del capitalismo y que además es una oportunidad nueva para otras empresas de estas

regiones ya que abre posibilidades que parecían cerradas en el capitalismo industrial. La adquisición de capacidades de innovación de un nuevo tipo, por otro lado, implica la dificultad de acceder a fuentes de conocimiento *world-class*, desde medios áridos, cadenas productivas desarticuladas y estructuras empresariales y estatales burocráticas rígidas acostumbradas a mercados oligopólicos. El caso Tenaris se destaca por nacer en un medio de innovación poco articulado, dañado por economías acostumbradas a mercados protegidos escasamente competitivos, anteriores no solo al capitalismo informacional, sino al capitalismo como tal.

En el proceso de creación de las redes de conocimiento, la estructura antigua, protegida y rutinaria, sufrió el embate del cambio y reaccionó rechazando a cuerpos extraños como en el caso del inicio del laboratorio de I+D. Solo cuando se colocó al CINI en un plano de igualdad con la planta, se allanó el camino de la innovación, a partir de la construcción de puentes red mediante el desarrollo del nodo de I+D, la creación de retículas en el programa de mejora continua, y la construcción de la infraestructura del conocimiento con la implementación temprana del email y otras tecnologías web.

Si bien el caso muestra que se pudieron superar las barreras de acceso a los mercados globales, el aprovechamiento de las estructuras flexibles de gestión a partir de capacidades inmovilizadas no es una oportunidad para todos. Las sociedades latinoamericanas se caracterizan por medios de innovación áridos, pobres, que desalientan la inversión productiva. De no mediar esfuerzos colectivos, las organizaciones capaces de construir los puentes red necesarios para levantar las estructuras flexibles son solo aquellas que identifiquen las capacidades distintivas locales y que dispongan de los recursos necesarios.

Un nuevo desafío se plantea para los planes de desarrollo en este nuevo ciclo de crecimiento del capitalismo global. En tanto las capacidades inmovilizadas sean observadas y visibles para el conjunto de la comunidad de negocios y esté dispuesta la infraestructura básica de la sociedad del conocimiento que garantice la conectividad, se encontrarán permanentemente nuevos filones para los emprendedores.

Las empresas de la región que, como Tenaris, han podido conectarse a la economía planetaria, quedan enfrentadas al desafío de las condiciones de su génesis. Al haber nacido en medios de innovación pobres, poco articulados y sin una tradición industrial arraigada, están condenados a una "isla de excelencia". Dado que la renovación es un evento social localizado, una estrategia obvia para estas *rara avis* es enriquecer los medios innovadores de origen mediante la recreación de un medio "innovativo" (Acheim y Gertler, 2005). De hecho, el CINI a la vez que construye su red de I+D con el nodo italiano, japonés y mexicano fomenta la asociación con laboratorios argentinos.

Para finalizar, nos quedan interrogantes sin responder: ¿cuántas empresas como Tenaris hay en el globo? Si no hay, ¿es un caso de CMN exótica? Si las hay,

¿es posible pensar que existe un tipo de CMN “red diferenciada” por naturaleza? Sondar la ecología de la población de este tipo de empresas puede resultar en hallazgos de considerable interés ya que la emergencia de una nueva generación de CMN de clase mundial de origen periférico puede provocar tendencias hasta ahora no registradas.

En otro orden de cosas, ¿es posible emular este caso? Si no es posible bajo la estructura de CMN, ¿se puede pensar en casos similares en empresas de menor tamaño? ¿Habrá pequeñas y medianas empresas-red? Podemos poner estas inquietudes en la lista de posibles e interesantes temas a investigar en el futuro, considerando que estas empresas, no importa su tamaño, potencialmente pueden ser fuente de competitividad sistémica para áreas periféricas del globo. Por lo pronto del caso Tenaris podemos obtener una última reflexión.

Siderca logró desarrollar un proyecto en el largo plazo porque, como dijimos, tuvo la fortaleza, basada en su tamaño, escala y tradición industrial, para sortear los obstáculos locales, modernizar la operación y construir las redes básicas. La posibilidad de replicar la flexibilidad de las estructuras de geometría variable en empresas más pequeñas que ingresen en nichos de negocios dinámicos y movilicen capacidades locales está abierta en tanto dichas empresas dispongan de medios innovadores más benignos y ricos. Sin la concurrencia de nuevas políticas de desarrollo, no será posible aprovechar las oportunidades del capitalismo informacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Adler, Paul (2001), “Market, Hierarchy, and Trust: The Knowledge Economy and the Future of Capitalism”, *Organization Science*, vol. 12, N° 2, pp. 215-234.
- Acheim, Bjorn y Meric S. Gertler (2005), “The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems”, en Fagerberg, Jan, David Mowery y Richard Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation*, Nueva York, Oxford University Press.
- Artopoulos, Alejandro (2007), “¿Por qué el Pulqui II no llegó a la serie? Una sociología histórica de la innovación tecnológica en tiempos de Perón”, *H-industri@. Revista de Historia de la Industria Argentina y Latinoamericana*, año 1, N° 1, segundo semestre.
- Bartlett, Chris y Sumantra Ghoshal (1989), “Managing across Borders: The Transnational Solution”, en [castellano] Bartlett, Christopher A. y Sumantra Ghoshal (1991), *La empresa sin fronteras: la solución transnacional*, Madrid, McGraw-Hill.
- Bisang, R., y G. Lugones (2002), “Las empresas industriales argentinas. Hacia un modelo de innovación con apertura económica”, en Bisang, R., G. Lugones y G. Yoguel, *Apertura e innovación en la Argentina. Para desconcertar a Vernon, Schumpeter y Freeman*, Buenos Aires, Miño y Dávila.

- Castells, Manuel (1998), *La Era de la Información: economía, sociedad y cultura*, Madrid, Alianza.
- (2001), *La galaxia internet*, Barcelona, Areté.
- Catalano, Charles (2004), *Tenaris: Creating a Global Leader from an Emerging Market*, case: IB-60 06/29/04, Stanford, Graduate School of Business.
- Chandler, Alfred (1987), *La mano visible. La revolución de la dirección en la empresa norteamericana*, Madrid, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
- Chesbrough, Henry (2003), *Open Innovation. The new imperative for creating and profiting from technology*, Boston, HBS Press.
- Chesbrough, Henry, Wim Vanhaverbeke y Joel West (eds.) (2006), *Open Innovation: Researching a New Paradigm*, Oxford, Oxford University Press.
- Chudnovsky, Daniel, Andrés López y Germán Pupato (2004), "Innovation and productivity: A study of Argentine manufacturing firms' behavior (1992-2001)", disponible en <<http://www.udesa.edu.ar/departamentos/economia/publicaciones/doctrabajo/doc70.pdf>>.
- Coriat, Benjamín (2000), *El taller y el robot*, Buenos Aires, Siglo XXI.
- Forsgren, Mats, Ulf Holm y Jan Johanson (2005), *Managing The Embedded Multinational. A Business Network View*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Granovetter, Mark (1985), "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness", *The American Journal of Sociology*, vol. 91, N° 3, pp. 481-510.
- Hamel, G. y C. K. Prahalad. (1995), *Compitiendo por el futuro. Estrategia crucial para crear los mercados del mañana*, Buenos Aires, Ariel.
- Holmström, B. y J. Roberts (1998), "The Boundaries of the Firm Revisited", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 12, N° 4, otoño, pp. 73-94.
- Khanna, Tarun y Krishna Palepu (2004), "Emerging Giants: Building World Class Companies From Emerging Markets", *Harvard Business School*.
- Kogut, Bruce y Udo Zander (2003), "Knowledge of the Firm and the Evolutionary Theory of the Multinational Corporation", *Journal of International Business Studies*, vol. 34, N° 6, pp. 516-529.
- Kosacoff, B. y A. Ramos (2005), "Cambio estructural y comportamientos microeconómicos en la industria argentina", *Boletín Informativo Techint*, N° 318.
- López, Andrés (2006), *Empresarios, instituciones y desarrollo económico: el caso argentino*, Buenos Aires, Cepal.
- Nohria, Nitin (1992), "Is a Network Perspective a Useful Way of Studying Organizations?", en Nohria, Nitin y Robert Eccles, *Networks and Organizations: Structure, Form and Action*, Boston, Harvard Business School Press.
- Nohria, N. y S. Ghoshal (1997), *The Differentiated Network: Organizations Knowledge Flows in Multinational Corporations*, San Francisco, Jossey-Bass.
- Pignotti A. (1997), "A theoretical physicist in Argentine industry", *The Industrial Physicist*, marzo, American Institute of Physics.
- Piore, Michael y Charles Sabel (1984), *The Second Industrial Divide: Possibilities for Prosperity*, Nueva York, Basic Books.

- Schvarzer, J. (2000), *La industria que supimos conseguir*. Buenos Aires, Ediciones Cooperativas.
- Toulan O. (1997), "Internationalization Reconsidered: The Case of Siderar", *Strategy and International Management department at MIT*, Sloan WP# 3938, 20 de febrero.

DOCUMENTOS

FUENTES PRIMARIAS

- SIDERCA (1984), *Vida e Industria en Campana*, Campana, Dalmine SIDERCA SAIC.
- Techint (2001), "El rebranding del área de tubos de la Organización Techint", *Boletín Informativo Techint*, N° 308, octubre-diciembre.
- (2002), "CINI: Un centro de investigación y desarrollo generado por la industria argentina", *Boletín Informativo Techint*, N° 309, enero-abril.
- Techint-CINI (2002), *Centro de Investigación Industrial*, Fudetec, CINI.
- Techint News* (1994a), "Nuestra red global de comunicaciones", octubre, pp. 8-9.
- (1994b), "SIDERCA y Tamsa: Con la fuerza de los 40 años", diciembre, pp. 1, 4-7.
- (1995), "SIDERCA y los frutos de 115 grupos de mejora continua en funcionamiento", abril, p. 8; "TQM en SIDERCA: En el Camino hacia la Calidad Total de Gestión", julio, pp.1-2.
- Tenaris (2001a), "Tenaris: The Story of A New Global Brand", disponible en <www.tenaris.com/archivos/documents/2002/194.pdf>.
- (2001b), "The Techint Group of Companies 2000-2001", disponible en <<http://www.tenaris.com/aboutus/files/tgoc.pdf>>.
- (2002), "TenarisConnections. Introducing TenarisBlue", disponible en <<http://www.tenaris.com/archivos/documents/2002/295.pdf>>.
- (2003), "TenarisTracking", disponible en <<http://www.tenaris.com/infokit/eng/default.htm>>.
- (2003), Informe anual 2002.
- (2007), Informe anual 2006.

FUENTES SECUNDARIAS

- Furukawa T. (1999), "SIDERCA and NKK forming pipe venture", *American Metal Market*, vol. 107, N° 212.
- González, L. A. et al. (1996), "Techint", *Information Technology*, N° 8.
- Ise, E. (2003), "Roberto Rocca. Visión y progreso", *Fortuna*, pp. 36-38.
- Kepp, M. (1999), "SIDERCA assumes control of Confab", *American Metal Market*, 10 de agosto.
- Levensberg, R. (1995), "Dilema de Hierro para Siderar", *Information Technology*, p. 39.
- Mendes de Paula, G. (2000), "Techint enter round two of globalization", *Steel Times International*, diciembre.

- Mercado* (1996), "La estrategia global de Techint. Flores de Acero", marzo, pp. 22-28.
- Robertson, S. (2001), "Tenaris group of tube makers launches advertising campaign", *American Metal Market*, 10 de septiembre, vol. 109, p. 3.
- Robertson S. (1999). "Algoma, SIDERCA sign long-term agreement", *American Metal Market*, 10 de diciembre.
- Silveti S. (2001), "SIDERCA. Una red comercial globalizada", *Idea*, junio-julio.

Faltan datos de recepción y aceptación del artículo.

MAÍRA BAUMGARTEN (ORG.)

**CONHECIMENTOS E REDES. SOCIEDADE, POLÍTICA
E INOVAÇÃO**

PORTO ALEGRE, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL,
2005

VICTORIA UGARTEMENDÍA*

Este libro presenta trabajos realizados, desde diferentes perspectivas, sobre las redes de producción y difusión del conocimiento, y sobre aspectos vinculados con la apropiación social del mismo. Su mayor aporte es que, enfocado en la realidad brasileña, fomenta el debate sobre estas problemáticas de gran actualidad en la agenda académica y política científica de América Latina.

Se trata de una compilación de nueve artículos de autores inscriptos en diferentes instituciones, entre las que se encuentran: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal do Rio Grande (URG), Universidade de Brasília (UNB), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Estadual Paulista (UNESP) y Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), así como un centro no universitario, el Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO).

La obra se organiza en tres partes. En la primera, “O real, o virtual e as redes”, se analizan cuestiones relativas a las redes de comunicación que se constituyen en torno de proyectos de investigación, instancias institucionales de gobierno, así como de circulación del conocimiento científico; la segunda, “Difusão do conhecimento científico: limites e possibilidades”, es un apartado destinado a la reflexión sobre la difusión del conocimiento científico, tanto entre la comunidad académica como no académica; y la tercera, “Ciência, parlamento e inovação social”, trata sobre las vinculaciones entre la producción científica y las instituciones parlamentarias.

Veamos más en detalle el contenido de cada una de ellas.

* Becaria de Posgrado. Conicet, Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes. Áreas de trabajo: relaciones científicas internacionales, migraciones de científicos.

PRIMERA PARTE: "O REAL, O VIRTUAL E AS REDES"

Esta es la sección del libro más rica, en función de los problemas que se plantean y las respuestas que se dan a los mismos. Los trabajos "A inteligência artificial e os desafios às ciências sociais" (Christiana Freitas) y "A abordagem de redes para a avaliação da prática biotecnológica" (Michelangelo Giotto Santoro Trigueiro) sobresalen del resto de los artículos del apartado. Ellos trabajan críticamente conceptos ya clásicos de la sociología de la ciencia y la tecnología, como "redes" y "actores no humanos", con el objetivo de analizar problemas de la región latinoamericana. En cambio, "Análise de redes de pesquisa e inovação em plataformas de governo eletrônico" (Balancieri, Medina Kern y Dos Santos Pacheco) y "Redes, conhecimento e inovação social" (Maíra Baumgarten) no responden a ese estilo de trabajo, sino que tienden a la reproducción acrítica de algunos conceptos. A pesar de ello, contienen algunos nudos problemáticos interesantes.

El artículo "A inteligência artificial e os desafios às ciências sociais" presenta un estudio sobre una red de investigadores que trabajaban en el proyecto "Ontologías Acadêmicas", a partir de una herramienta analítica denominada "mapas de redes sociales". El producto del proyecto fue un artefacto tecnológico específico, caracterizado por ser una forma alternativa de difusión de los conocimientos al interior de la comunidad académica. El proyecto se inscribía en un área de conocimiento, el de la inteligencia artificial, con una larga historia que data de la Segunda Guerra Mundial (y que la autora se ocupa de desarrollar, incluyendo el seguimiento de las disciplinas que la hicieron posible).

El problema central del artículo gira en torno a la pregunta sobre qué son los agentes inteligentes. Para responder a ello, Freitas desarrolla una discusión teórica muy interesante acerca de la pertinencia del uso de la categoría de "actores no humanos", de Bruno Latour y Michel Callon, para el caso estudiado. En este sentido, la autora se nutre de la teoría social clásica para reflexionar sobre agentes inteligentes que operan de manera relativamente autónoma. Apuesta a no reproducir conceptos acríticamente, lo que le permite plantearse preguntas muy relevantes para nuestros días (a pesar de que no logra dar respuesta a ellos ni abreviar a un desarrollo de conceptos sólidos) como ser: ¿qué cambios plantean este tipo de artefactos a nuestras sociedades?, ¿a quiénes benefician?; y otras de

orden más particular que hacen a las especificidades de quienes son los encargados de producir este tipo de tecnología: ¿quiénes componen los grupos que trabajan en los proyectos?, ¿cuáles son los intereses de sus integrantes?, ¿por qué esta tecnología recorre determinada trayectoria y no otra?

En definitiva, es un trabajo original que, desde un estudio de caso, plantea problemas de orden teórico y metodológico que pueden ser útiles para aquellos que se inscriben en este campo particular de conocimiento y en todo el más amplio espacio de los estudios de ciencia, tecnología y sociedad (CTS).

Con el mismo estilo, Michelangelo Giotto Santoro Trigueiro, en su trabajo “A abordagem de redes para a avaliação da prática biotecnológica”, apunta a desarrollar un debate conceptual sobre el fenómeno de las “redes sociotécnicas” con el fin de crear un nuevo abordaje para la evaluación de la práctica biotecnológica.

El trabajo se estructura según el supuesto que a pesar del tiempo transcurrido “[...] poco sabemos, todavía, sobre la naturaleza de las redes, sus características básicas, formas de existencia y su funcionamiento” (p. 90). Por esta razón, el autor ocupa parte del artículo en revisar las conceptualizaciones ya clásicas de la sociología de la ciencia y la tecnología como “redes sociotécnicas”, “redes de actores” y “arenas transepistémicas”. Se pregunta por lo que estas significan y plantea un rico debate acerca de la utilidad de esos conceptos cuando elementos como el poder y la asimetría en las relaciones sociales se introducen al análisis.

Con el objetivo de crear un programa de investigación sobre la práctica biotecnológica, señala cuestiones de orden metodológico que están involucradas en el análisis de redes sociales: la necesidad de no limitarse al uso de herramientas estadísticas —que el autor considera necesarias— sino además explorar otros recursos que se basen en el seguimiento *in situ* de los actores, sus trayectorias a lo largo de las redes y sus aprendizajes.

En resumen, el autor presenta un debate teórico riguroso sobre la noción de “red”, así como señalamientos metodológicos que pueden ser aprovechados por quienes están preocupados por problemáticas similares en el área biotecnológica o en otras del campo CTS.

Balancieri, Medina Kern, y Dos Santos Pacheco analizan una plataforma de gobierno electrónico creada por el gobierno brasileño: la “Plataforma Lattes”. Esa plataforma, construida sobre la base de 500 mil currículos, posibilita que una multiplicidad de agentes

que realizan tareas de investigación y gestión de la ciencia y la tecnología, y otros relacionados con ellas, compartan informaciones y consoliden redes de comunicación.

Los autores exponen un análisis desde la perspectiva del análisis de redes, y desarrollan su arquitectura así como el conjunto de técnicas estadísticas e indicadores que la misma permite construir y utilizar. Esta dimensión metodológica es el punto más fuerte del artículo y es de gran utilidad para aquellos que pretendan construir un proyecto de esta envergadura en la región.

El artículo combina esta dimensión metodológica con otra fuertemente prescriptiva. Esto queda evidenciado, por ejemplo, cuando los autores manifiestan su deseo de que la plataforma contribuya a la constitución de lo que ellos denominan un “Sistema Nacional de Innovación”. Lamentablemente, Balancieri *et al.* no se dan espacio para reflexionar sobre la pertinencia o no de utilizar un concepto tan polisémico como este. Ni sobre otros problemas como son las implicaciones de poner en funcionamiento un artefacto tecnológico de este tipo en el marco de un conjunto muy diverso de actores sociales, intereses y conflictos.

Forma parte también de esta sección el artículo “Redes, conhecimento e inovação social”, de la organizadora del libro, Maíra Baumgarten. Se trata de un ensayo donde reflexiona sobre la articulación entre la producción de conocimiento en la industria y en la universidad, la competitividad y la innovación social.

Baumgarten explora problemas como la relación entre la producción de conocimiento y el orden económico actual dominado por el capital financiero internacional y el mercado. Asimismo, desarrolla los cambios que el capitalismo imprimió a la relación entre ciencia y tecnología en los últimos treinta años, especialmente con la aparición de una “nueva dinámica tecnoeconómica” que implica que la ciencia y la tecnología estén cada vez más integradas a la lógica empresarial. También analiza cuestiones como la competitividad y la innovación social en América Latina, así como las dificultades que ha tenido la región para combinar exitosamente el crecimiento económico, la equidad social y el equilibrio ecológico.

Otros tópicos sobre los que Baumgarten reflexiona son la academia, el papel de la investigación científica en las políticas de innovación y las redes de cooperación internacionales facilitadas por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación

–internet, por ejemplo. En este sentido, plantea el modo en que estas redes posicionan a nuestras universidades en la arena de la globalización y la posibilidad de transformarse en una vía “alternativa a la hegemonía”.

Es un trabajo en el que se plantean problemas de gran actualidad, pero en los que la autora no se sumerge para avanzar hacia una mejor comprensión. Por otra parte, se reproducen ideas del “sentido común académico” actual –como competitividad, innovación, inclusión social– sin un trabajo crítico sobre las mismas, que permita poder pensar en su utilidad en contextos como el brasileño y el latinoamericano.

SEGUNDA PARTE: “DIFUSÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: LIMITES E POSSIBILIDADES”

Esta parte tiene como eje ordenador la reflexión sobre la difusión del conocimiento científico, tanto entre la comunidad académica como no académica. El artículo de Jorge Alberto S. Machado, “Difusão do conhecimento e inovação – o ‘acesso aberto’ a publicações científicas”, se destaca sobre el resto, tanto por los problemas planteados como por la información en la que se sustenta la argumentación. También sobresale el trabajo de Dominique Babini, “Redes de bibliotecas virtuales para las ciencias sociales”, por otras razones: en un registro más bien técnico, esta autora aborda la cuestión de la difusión del conocimiento científico en entornos virtuales, a partir de la evaluación de una experiencia original en la región como es la red de bibliotecas virtuales de CLACSO.

Jorge Machado reflexiona sobre el “acceso abierto” a las publicaciones científicas a través de internet –comúnmente denominado *open access*– y a los cuestionamientos que las nuevas tecnologías presentan a los tradicionales paradigmas de producción intelectuales de la academia. En este sentido, hace una evaluación de las trabas que existen para que se desarrollen procesos de apertura de mayor intensidad, y sobre las potencialidades del acceso abierto en un contexto de escasos recursos como el latinoamericano.

El autor basa su análisis en un conjunto muy amplio de fuentes secundarias, así como bibliografía sobre el tema y sitios web. A lo largo del texto evidencia un vasto conocimiento de las cuestiones técnicas e históricas vinculadas al *open access* y describe sus orígenes

(los sitios que se fueron creando, y los impulsos institucionales tanto en países centrales como en Brasil).

Las virtudes señaladas no eximen a este trabajo de presentar algunos puntos polémicos: Machado postula que internet y el libre acceso a las publicaciones irían en contra de las prácticas tradicionales de la comunidad científica, basadas en el control y la acumulación de poder —“el feudalismo académico”—: “No hay dudas de que la proliferación de las publicaciones digitales tiende a socavar el poder de los consejos editoriales de los periódicos tradicionales” (p. 132). Esta mirada expresa una postura romántica sobre la red como el espacio de la libertad absoluta. Queda abierta la pregunta por las vinculaciones entre ese mundo virtual y el académico, por los intereses que se reproducen en uno y en otro espacio, y si es posible que estemos ante esferas no tan separadas, con más espacios “grises”.

A diferencia de otros artículos del libro que pretenden hacer reflexiones con diferentes niveles de profundidad sobre problemas teóricos y empíricos, Dominique Babini, en “Redes de bibliotecas virtuales para las ciencias sociales”, se enfoca en una experiencia de trabajo. Se trata del proyecto de red de bibliotecas virtuales de CLACSO que a través de internet contribuye a hacer más visible la producción académica de la región.

La autora presenta los problemas técnicos que se han ido recogiendo durante el desarrollo del proyecto, y expone una serie de indicadores y recursos informáticos que deben tenerse en cuenta al emprender un proyecto similar. No obstante ello, no desestima cuestiones de orden teóricas como lo que significa una “biblioteca virtual”, las construcciones del “usuario” de este tipo de bibliotecas que se hacen comúnmente, las tendencias actuales respecto de la creación de bibliotecas virtuales, las relaciones con las tradicionales, o el modo en que se inscriben estos elementos en los contextos particulares de nuestra región.

En este sentido, Babini describe las dificultades que existen en América Latina y el Caribe para acceder a publicaciones académicas de ciencias sociales, las potencialidades que brinda internet y las modalidades actuales de difusión de libros, revistas y documentos de trabajo a través de la web.

En definitiva, estamos ante un trabajo necesario para quienes quieran emprender un proyecto semejante en nuestra región y reflexionar sobre la circulación del conocimiento en redes virtuales.

El último trabajo de la segunda parte es “Estímulos y desestímulos à divulgação do conhecimento científico”, de Maria Lucia Maciel. La autora se pregunta por el papel que hoy juega el conocimiento como factor de desarrollo económico y social y qué rol cumple la divulgación en este sentido. Se trata de un ensayo que, exceptuando la revisión que se hace de las acciones del gobierno brasileño respecto de la construcción de políticas nacionales de divulgación, presenta los mismos problemas señalados para otros artículos del libro: reproduce acriticamente –explícita e implícitamente– nociones del “sentido común” académico y de la política científica. Por ejemplo, afirma que el mundo y la región entraron en la “sociedad del conocimiento”, cuando todavía no sabemos a ciencia cierta cómo identificar este fenómeno ni las características particulares que tomaría en nuestra región. En el mismo sentido, sostiene que la divulgación científica es un hecho bueno en sí mismo que los gobiernos deberían fomentar, dejando de lado la reflexión acerca de lo que es divulgar y, fundamentalmente, el contenido de lo que se pretende divulgar.

TERCERA PARTE: “CIÊNCIA, PARLAMENTO E INOVAÇÃO SOCIAL”

Este es el apartado más débil del libro. Los dos artículos que lo componen se proponen analizar la relación entre ciencia, educación y parlamento. Ingrid Sarti, en “Ciência e parlamento: uma interlocução democrática”, analiza el rol que le cabe al parlamento a la hora de construir la sociedad del conocimiento. Marco Aurélio Nogueira, por su parte, reflexiona en “O parlamento sitiado, a ciência e a educação” sobre las posibilidades de fortalecer a la institución parlamentaria a través de la educación técnica y política de sus integrantes.

Ambos trabajos presentan preocupaciones comunes, pero también iguales falencias: plantean numerosos conflictos y afirman muchas ideas sin fundamentarlas en la realidad específica sobre la que se está hablando, en este caso, la brasileña. Problemas como el control social de la ciencia, el papel de los legisladores en esos procesos, o el papel de los expertos y científicos en el asesoramiento de los parlamentarios no se analizan con profundidad. Y afirmaciones como que estamos en la sociedad del conocimiento (Sarti) o frente a una crisis parlamentaria (Nogueira) no son desarrolladas ni fundamentadas.

BALANCE FINAL

Estamos ante un libro “plural” en varios sentidos. Primero, porque se trabajan temáticas diferentes que van desde el interesante debate sobre las redes de conocimiento, la difusión del conocimiento, hasta la vinculación entre ciencia y parlamento. Segundo, porque participan en él investigadores con perspectivas de análisis y políticas diversas: encontramos trabajos que manifiestan una postura emancipatoria radical (Maíra Baumgarten), hasta posiciones republicanas institucionalistas (Ingrid Sarti, Marco Aurélio Nogueira). Tercero, porque algunos autores se centran en el debate teórico político y otros profundizan más bien en cuestiones de orden técnico (Balancieri *et al.*; Dominique Babini). Por último, porque esta obra propone un análisis de la producción y difusión del conocimiento y su apropiación social en una gran cantidad de espacios sociales que van desde las redes de investigación y difusión académicas (Freitas, Santoro Trigueiro, Machado, Babini), pasando por las plataformas de gobierno electrónicas (Balancieri *et al.*), el espacio de entrecruzamiento de las redes de conocimiento y las relaciones económicas generales (Baumgarten), hasta la institución parlamentaria (Sarti, Nogueira). Estas diversidades hacen a la riqueza del libro, pero también le restan solidez: por momentos se pierde el hilo conductor del argumento, especialmente cuando llegamos a la tercera parte.

Otro de los factores que le quitan fuerza a la obra es la ausencia de sustento empírico de algunos trabajos y la falta de problematización de determinados conceptos clave. Lo primero lo sentimos como una falta, especialmente cuando se trata de reflexionar en una región como América Latina, donde todavía no conocemos muy bien cómo se manifiestan cuestiones como las planteadas en este libro. Lo segundo responde a una práctica bastante frecuente en las academias locales, que consiste en importar conceptos y problemas sin la necesaria exposición de lo que se entiende por ellos y la pertinencia o no de su utilización en contextos particulares.

Por ejemplo, es frecuente hallar en los artículos los términos “conocimiento”, “conocimientos”, y “conocimiento científico”, pero en ninguno se realiza un trabajo analítico sobre sus diferencias (si las hay) y los distintos usos que de ellos se hacen. Del mismo modo, los conceptos “sociedad del conocimiento” (Balancieri), “sistema nacional de innovación”, “desarrollo econó-

mico social” (Maria Lucia Maciel), o “inclusión social” (Maria Lucia Maciel) son introducidos sin una reflexión y toma de posición sobre las diferentes connotaciones que tienen, ni de su carga ideológica.

Afortunadamente, esto no ocurre con otros términos, como “redes”. Algunos autores se preocupan por problematizarlo y dan un debate teórico sobre el mismo (Freitas, Santoro Trigueiro). Asimismo, muestran las formas que toman en diversos espacios sociales: una red de investigadores sobre un artefacto tecnológico innovador basado en la “inteligencia artificial” (Freitas), las redes de investigadores como instrumentos de la política científica y tecnológica (Balancieri *et al.*), o las redes como instrumento de validación de la práctica biotecnológica (Santoro Trigueiro). Sin embargo, nos hubiera gustado que los autores fuesen más allá y especificaran algunas cuestiones –que suelen ser pasadas por alto en la bibliografía del campo– como: si las redes existen o son un *constructo* analítico creado por los investigadores de las ciencias sociales, qué implicaciones teórico-políticas tiene su uso en las ciencias sociales, qué diferencias y ventajas representa su utilización respecto del tradicional concepto de “relación social”, entre otros.

DIEGO PARENTE (ED.)

**ENCRUCIJADAS DE LA TÉCNICA. ENSAYOS SOBRE
TECNOLOGÍA, SOCIEDAD Y VALORES**

LA PLATA, EDULP, 2007, 242 PP.

FEDERICO VASEN*

El libro que ha editado Diego Parente tiene un carácter fundacional. Se suele afirmar que la filosofía de la tecnología es un campo que solo recientemente ha comenzado a institucionalizarse y ha encontrado líneas comunes de discusión. En este sentido, la publicación de esta cuidada compilación de ensayos constituye un aporte importante para la conformación de un espacio de discusión filosófico sobre la naturaleza de la tecnología y las posibilidades abiertas por su desarrollo. Por otra parte, el libro tiende un puente entre América Latina y España al incluir equitativamente autores de ambas regiones, permitiendo un intercambio enriquecedor de enfoques.

Cabe preguntarse, ahora con más detalle, de qué trata el libro. Comencemos por decir que está compuesto por una introducción del compilador y dos secciones que contienen tres artículos cada una. La primera de ellas hace referencia a problemas axiológicos de la tecnología mientras que la segunda se ocupa de cuestiones ontológicas. Es decir, si las primeras tres contribuciones analizan principalmente el desarrollo tecnológico como proceso, y el lugar que ocupan los diversos valores en *la* tecnología, o bien dan las notas de la racionalidad que abarca todas las prácticas tecnológicas, en las últimas tres contribuciones la indagación es en torno a los atributos del producto de la acción técnica: los artefactos. Claro está que estas dimensiones no son ni pueden ser independientes unas de otras, en tanto los artefactos son el producto de una acción técnica guiada por un tipo particular de racionalidad, en la cual están involucrados valores de distintas clases. En este sentido, puede pensarse que existe una relación de retroalimentación entre ambas reflexiones: analizando la naturaleza y el léxico con el que nos referimos a los artefactos podemos inferir acerca del proceso que los ha constituido, y

* UNQ-UBA-CONICET.

discutiendo aproximaciones a la racionalidad tecnológica nos acercamos a entender la naturaleza de sus productos.

La compilación se abre con el artículo de Fernando Broncano, “Esta casa es una ruina. La agencia técnica y las fuentes del pesimismo tecnológico”. En una amable prosa ensayística, el filósofo español, catedrático en la Universidad Carlos III de Madrid y autor de *Mundos artificiales* (México, Paidós, 2000), plantea un recorrido por las distintas corrientes filosóficas que se acercan de modo pesimista al desarrollo tecnológico. En primer término, señala la centralidad de la experiencia de la revolución industrial, etapa en la cual emerge el lenguaje representacional del diseño que abre la posibilidad para la creación de máquinas y la repetición normalizada de piezas. En el marco de esta experiencia, la técnica se percibe como malestar, como indicio de la fragilidad humana y de los límites y la finitud del proyecto de autonomía. El mundo parece haber sido invadido por la tecnología, la cual no es sino una consecuencia desastrosa de la actividad humana. La reflexión weberiana en torno al proceso de racionalización, modernización y expulsión de lo mágico refleja el tono de esta melancolía por un mundo crepuscular y la conciencia del advenimiento de nuevas formas de dominio. Una segunda corriente planteada por Broncano es el constructivismo social que florece en la década de 1960, y considera a la ciencia y la tecnología como meras construcciones sociales producto de negociaciones. Se trata este de un pesimismo más sofisticado; allí la técnica es una construcción social que refuerza los mismos hechos sociales de los que está construida, ocultando relaciones de poder; habla de un poder político que se oculta tras una máscara técnica. En un tercer momento, aborda filósofos deterministas como Ellul y Mumford, para los cuales la mecanización es una senda irreversible que escapa al control humano. Hay también un breve espacio para la discusión sobre la evolución del pensamiento heideggeriano desde la comprensión del *Dasein* como ser técnico y la interesante reflexión en torno a los útiles y su carácter a-la-mano en *Ser y tiempo* hasta el planteo de una actitud de desasimiento en escritos posteriores a la *Keibre*. Broncano impugna la segunda postura heideggeriana en tanto irresponsable llamamiento a no ser responsable por el desarrollo histórico de la tecnología.

Por último, el filósofo español se ocupa de la tradición de la teoría crítica alemana. Allí la tecnología se presenta como mera aplicación de la racionalidad instrumental al ámbito técnico, avan-

zando sobre espacios de deliberación política donde la racionalidad que debe imperar es valorativa. Esto provoca una tecnificación de lo político, arribando a una tecnocracia que redunde en el ocultamiento, y la despolitización, en un autoritarismo enmascarado. El filósofo entonces debe buscar la manera de, a través del consenso, encontrar legitimación valorativa para los *fin*es de la acción técnica y evitar que la racionalidad instrumental invada el ámbito de deliberación. Broncano señala, en primer término, que la tradición crítica reduce injustamente la tecnología a la racionalidad instrumental, en tanto los artefactos corporizan también valores. En segundo lugar, acusa al consenso como método único de legitimación, en tanto olvida la necesidad pragmática de éxito tecnológico, y por último, indica que la tradición crítica reflexiona sin tener en cuenta los aportes de disciplinas como la historia y la sociología de la tecnología –se tiene una idea estereotipada de lo que es la tecnología y se habla desde un parnaso intelectual sin de algún modo “meter las manos en la masa”. Resulta extraño que el español no mencione las ideas de Feenberg, cuyo trabajo, inscripto en el marco de la teoría crítica, ha dialogado exitosamente con otras voces del campo CTS. Testimonio de ello son los intentos de Renato Dagnino de construir con sus ideas y las de Lacey un marco filosófico-político de análisis para las prácticas científico-tecnológicas. Finalmente, Broncano hace su propia propuesta: el núcleo normativo de la técnica es el grado de control sobre un aspecto de la realidad, introducido por una nueva tecnología. Este control debe ser entendido como un “poder para”, como capacidad de agencia. En nuestro afán de dominación elevamos las propiedades a valores a “cuidar”. El control es cuidado de lo que importa, “cura” en el sentido heideggeriano de la *Sorge*. Solo revalorizando el mundo que nos rodea podemos cuidarlo, supervisando lo que nos importa, cuidando a nosotros mismos. La tecnología abre una gran cantidad de posibilidades pragmáticas, algunas legítimas, otras no, algunas viables, otras no; está en nosotros abordar el conjunto de lo posible responsablemente.

A continuación, Sergio Cecchetto –profesor de la Universidad Nacional de Mar del Plata e investigador del CONICET– aborda aspectos del desarrollo tecnológico desde el punto de vista de la filosofía práctica. Su trabajo “Éticas del futuro, tecnociencia y responsabilidad intergeneracional” plantea que las dimensiones actuales del desarrollo tecnológico hacen que ya no sea suficiente limitar

las obligaciones morales a nuestros contemporáneos, sino que debemos tener también en cuenta a las generaciones futuras. Si la primera generación de derechos humanos incluía principalmente derechos políticos y civiles, y la segunda generación, derechos sociales, económicos y culturales, es recién la tercera generación de derechos humanos la que hace énfasis en nuestra responsabilidad frente a bienes que ya no se consideran inagotables. Frente a los que sostienen que la ética limita la responsabilidad del agente moral a “yo-tú-aquí-ahora”, Cecchetto se inclina claramente por señalar que la ligazón entre conductas presentes y escenarios futuros debería importar a la ética filosófica. Cabe preguntarse entonces si existe una obligación ética que nos fuerce a limitar el techo tecnológico bajo el que queremos vivir, prescindiendo de algunas aparentes ventajas en orden a que algunos –que todavía no han nacido– puedan oportunamente disfrutar de una vida mejor. Y si consideramos que existe ese *deber*, ¿en qué nos basamos para justificarlo? En buena medida, el argumento se basa en nuestro conocimiento de los finales irreversibles y nuestra ignorancia acerca de las consecuencias que desencadenan a cada paso nuestros actos. A fin de justificar esta obligación, Cecchetto invoca el *principio de responsabilidad* planteado por el filósofo alemán Hans Jonas sobre la base del imperativo categórico kantiano: “Actúa de tal manera que las consecuencias de tu acción no sean destructivas para posibles vidas futuras”. Esto conlleva una doble obligación: por el presente y por lo que viene. La preocupación por los que vendrán deberá inaugurar un enlace intergeneracional indirecto que fusione egoísmo y plenitud actuales con chances de desarrollo futuras, o en otras palabras, la exigencia de autorrealización debe estar acompañada por una exigencia de autoconservación. La propuesta entonces es desarrollar una *ética del cuidado* para cuestiones medioambientales y ecológicas, siguiendo los desarrollos en la esfera biomédica. Se trata de una ética para los ausentes que no lesione las aspiraciones de los presentes, una ética que nos lleve a abstenernos de realizar acciones que puedan dañar o poner en peligro futuras generaciones.

La primera parte se cierra con un artículo de Ramón Queraltó, catedrático de la Universidad de Sevilla y miembro de la Academia Internacional de Filosofía de la Ciencia de Bruselas, en el que se plantea un doble objetivo. En primer lugar, se trata de reivindicar un espacio para la reflexión filosófica sobre la tecnología frente a los abordajes sociológicos o históricos más habituales. Una vez hecho

esto, se propondrán las bases para una evaluación axiológica del desarrollo tecnológico. Con respecto al primero de los puntos, Queraltó plantea que la filosofía puede tratar de indagar acerca de la condición de posibilidad de las corrientes interpretativas vigentes en las ciencias sociales más usadas en el análisis de los fenómenos tecnológicos. En buena medida, se trata de terciar en el debate acerca del determinismo tecnológico y buscar definir las notas características de la racionalidad técnica. En este sentido, distingue tres rasgos intrínsecos de la racionalidad tecnológica: los fines teóricos que quedan subordinados a los fines pragmáticos, la existencia de una tendencia intrínseca a la autoexpansión indefinida y la tecnología que busca la transformación y manipulación de lo real. De esta caracterización podría concluirse que el cambio tecnológico, al estar animado por esta racionalidad, tenderá siempre a producir *mayor y mejor* control sobre la realidad. Si nos detuviéramos en este punto, pareciera que se está suscribiendo a la tesis del determinismo tecnológico: el cambio técnico está guiado por fuerzas internas, inmanentes. Lejos de ello está Queraltó, quien señala que esta dinámica interna de la tecnología está siempre en una relación de retroalimentación con el medio político, social y económico en el que se concreta. Según el autor, de lo que se trata es de calibrar los influjos recíprocos mediante algunos instrumentos conceptuales razonables, a fin de desembocar en ciertos patrones de dirección del cambio y desarrollo tecnológicos en el momento presente, es decir, de encontrar mecanismos conceptuales efectivos para un control social de la tecnología. Aquí entonces llegamos al segundo objetivo del trabajo, el de plantear un marco para una evaluación axiológica de las tecnologías. Para ello se parte de una concepción pragmática de los valores, en tanto pautas para la resolución de problemas, cuyo cumplimiento es medible. Sobre estas bases, se propone entonces la construcción de un sistema axiológico que, tras reconocer valores y disvalores, pueda identificar el camino que maximiza u optimiza los valores frente a los disvalores. Por último, remarca que no hay direcciones del cambio tecnológico que se justifiquen de modo apriorístico; no se trata de un determinismo ni de un sociologismo sino de dos polos en cuyas relaciones de retroalimentación nos es dable intervenir. La tecnología lleva consigo un sistema de mediaciones sociales que no son un añadido externo sino que forman parte intrínseca de la tecnología misma como hecho histórico. Finalmente, cabe preguntarse en qué tipo de meca-

nismos de control social podrían implementarse las ideas de Queraltó. Sería interesante que en un nivel teórico estos planteos pudieran relacionarse con experiencias concretas de evaluación tecnológica, como las que brinda el Technology Assessment.

La segunda parte del libro está, dedicada a problemas ontológicos de la técnica, es decir, problemas acerca de la naturaleza de los productos de la acción técnica, llamados genéricamente artefactos. Si el artículo de Queraltó se proponía realizar una rehabilitación de una perspectiva filosófica para hablar de la tecnología en general, el artículo de Jesús Vega Encabo, que abre esta sección, se propone otra rehabilitación, interna al campo de la filosofía analítica. En “La sustancialidad de los artefactos”, se posiciona claramente en contra de quienes sostienen que no existen problemas ontológicos en torno a los objetos artificiales. Por ello, toda reflexión sobre los artefactos deberá estar precedida por una rehabilitación de los mismos que les brinde condiciones estables de identidad y los haga formar parte del “mobiliario del mundo”. El autor vuelve sobre los comienzos de la tradición filosófica para rastrear los orígenes de la devaluación de los objetos artificiales. Afirma que para Platón existen *formas* de artefactos de las que se ocupan las *technai*, que consisten en un actuar guiado por la forma, por un *buen* saber hacer. Sin embargo, quedan dudas acerca de si pueden existir verdaderas ciencias de lo artificial, pues por una parte el proceso productivo está guiado por cierto conocimiento de las formas, pero por la otra se trata de un proceso imitativo, quizá solo basado en una recta opinión. En Aristóteles la ambigüedad presente en Platón se resuelve en una devaluación de los artefactos, excluyéndolos explícitamente del conjunto de las sustancias. Este autor diferencia la génesis por naturaleza de la génesis por *techné*. Mientras en el primero de los casos la forma que actúa es intrínseca a la cosa misma, en el segundo se trata de una forma que viene desde afuera. El principio del movimiento natural es *interno* a las cosas naturales mientras que *externo* en las cosas que existen por otras cosas que no son naturales, como el caso de los artefactos. Por otra parte, afirma que las cosas que tienen un principio interno de movimiento se originan a partir de cosas naturales del mismo tipo (caballo engendra caballo), mientras que en el caso de los artefactos, el objeto no comparte la forma de quien lo produce (artesano crea cama). Esta dependencia ontológica de algo externo produce una pérdida de estatus: no califican como verdaderas sustancias. Para Aristóteles no

existe tampoco un uso natural o propio del artefacto que correspondiera a su naturaleza. A diferencia de los ojos que solo pueden utilizarse para sus usos naturales, los artefactos no poseen un uso tal que dependa de su esencia, pues no tienen una naturaleza dada sino que depende del constructor y su saber hacer o de quien investiga sus mejores usos.

Vega se vuelve luego a los debates contemporáneos sobre la sustancialidad de los artefactos. Para ello discute los aportes de dos autores: Van Inwagen y Wiggins. El primero de ellos sostiene que las partes que componen un artefacto no le son propias: el artefacto no sería una unidad con condiciones de identidad determinadas y condiciones de permanencia. El criterio de composicionalidad propuesto es “los x componen y si y solo si la actividad de los x constituye una vida”. De este modo, solo los organismos vivos podrían ser compuestos. Los artefactos, en cambio, serían meras disposiciones de entidades previamente existentes que no llegarían a formar una nueva entidad. En vez de hablar de “este es una casa” habría que decir “estos fueron dispuestos a la forma de una casa”. Van Inwagen indica que el modo de existencia de los artefactos es el mismo que el de las constelaciones: son reorganizaciones del material ya existente guiadas por conceptos. Sin embargo, Vega objeta esta postura, pues un artefacto tiene una realización material concreta que una constelación no tiene, una idea técnica (como las de Leonardo) no necesariamente se transforma en un artefacto. En segundo lugar, Wiggins vuelve sobre el criterio aristotélico de que las sustancias tienen un principio de actividad en sí mismos y no en otros. En el caso de los artefactos, este principio de actividad podría asimilarse al cumplimiento de una función. Vega señala que esta postura, si bien intenta rehabilitar a los objetos artificiales como sustancias, no nos permite establecer verdaderas entidades sustanciales, sino meros agregados de materia organizados en torno al cumplimiento de una función. Finalmente, el autor se pregunta cuál es el mejor criterio que podemos adoptar para aceptar a un ente como sustancial y se decide por la definición de Millikan, según la cual sustancia es el tipo de cosa de la que alguien puede adquirir información en distintos momentos como resultado de una conexión real o un fundamento ontológico. Tiene sentido hablar de una *naturaleza propia* de los artefactos en tanto cumplen la condición de que puede obtenerse información empírica a través de encuentros sistemáticos con miembros de la categoría. A dife-

rencia de los objetos naturales, los artefactos dependen del hombre, pues sin la realidad de las intervenciones humanas no habría posibilidad de crear conceptos de artefactos ni artefactos mismos.

La segunda contribución en torno a la ontología, a cargo de Diego Lawler –investigador del Centro Redes-CONICET– se propone analizar las propiedades de los artefactos en cuanto producto de una acción intencional productiva, es decir, de la acción humana de transformación del mundo. En los productos de la acción técnica intervienen, como señala Simon, tanto leyes naturales como propósitos humanos. El *diseño* sería la actividad composicional mediante la cual actuamos sobre la realidad para transformarla planificada y racionalmente en función de nuestros deseos y, consecuentemente, las cosas artificiales representarían los resultados intencionales de la adaptación de la realidad material a nuestros deseos. La dependencia del artefacto del diseño sin embargo, no debe pensarse como total, pues en la puesta en práctica de lo oportunamente diseñado pueden surgir contingencias y errores. Dado que el artefacto es un producto intencional, podría haber sido distinto de lo que es, lo cual no solo destaca su contingencia sino también la perspectiva del agente, diseñador o artífice que elabora los planes de acción técnica. En este sentido, puede decirse que los artefactos son productos de la *deliberación*. La composicionalidad, que sería condición suficiente para distinguir a los artefactos de otros productos no intencionales de la actividad humana, reside en el diseño, que a su vez constituye el contenido de la intención del agente.

En un segundo momento, Lawler se propone trabajar acerca de las propiedades comunicacionales de los artefactos. Según Dipert, un artefacto es un objeto que posee algunas propiedades autocomunicativas orientadas a llevarnos a creer que tiene propiedades de herramienta. Es decir, que el artefacto no solo es una creación intencional sino que registra también el propósito de que esa modificación sea reconocida. Algo se percibe como artefacto cuando satisface la condición de ser una herramienta. Los requisitos para un artefacto en esta perspectiva entonces pueden separarse en tres: ser una herramienta, exhibir su condición de tal y, por último, comunicarla con éxito. En los artefactos complejos, muchas veces la comunicación del carácter herramental solo es exitosa si se lo acompaña de un cierto “manual de instrucciones”; aquellos artefactos que no logran hacerlo pueden pensarse como opacos. La forma de comunicar la función es siempre dependiente de la cultura

científico-tecnológica incorporada por el público usuario. El proceso de diseño debe tener en cuenta el conocimiento y las representaciones sobre entidades artificiales, los estudios operativos y los supuestos axiológicos, pues estos construyen las condiciones apropiadas de transmisión y recepción de propiedades comunicacionales, las cuales relacionan al usuario con el diseñador, rescatando así la historia deliberativa del artefacto. Pero existe también una forma de lidiar con el artefacto que excluye la consideración de las propiedades comunicacionales. Uno puede usar sencillamente el artefacto como instrumento: puede utilizar un lavarropas como depósito de juguetes o una plancha como pisapapeles. Para ello solo son necesarias dos condiciones: una condición de consideración, consistente en juzgar al artefacto como apto para realizar el fin deseado, y una consideración de uso que consiste en que el artefacto pueda ser usado con éxito para tal función. Todo esto ocurre sin tener en cuenta la historia cultural, cognitiva o deliberativa del artefacto.

La última contribución del volumen se encuentra a cargo del compilador, profesor de la Universidad Nacional de Mar del Plata y becario del CONICET. A diferencia de los dos artículos anteriores, Parente no trabaja explícitamente en el marco de la filosofía analítica contemporánea. Su ensayo es una reconstrucción crítica de la concepción protésica de la técnica y los artefactos, es decir, aquella basada en las nociones de prótesis y compensación. Esta línea teórica puede retrotraerse hasta la mitología griega, más puntualmente al mito de la donación del fuego a los hombres por parte de Prometeo. El hombre, en tanto animal incompleto, se vale del ingenio como forma de compensar sus debilidades biológicas. Los artefactos se piensan como prótesis que vendrían a compensar deficiencias originales. El detallado análisis de Parente va indicando cómo los rasgos de esta concepción de los artefactos están presentes en autores como Santo Tomás, Kant, Herder, Zschimmer, Ortega y Gehlen. Especial atención recibe la antropología filosófica de Gehlen, en la cual esta noción de la técnica tiene un desarrollo conceptual más amplio. Para este autor, el hombre es un ser práctico aun no terminado, que constituye una tarea para sí mismo. Se trata de un ser no especializado, negativo, sin armas ni órganos de ataque, defensa o huida. Para sobrevivir, el hombre se debe crear una *segunda naturaleza* cultural, un mundo (*Welt*), donde para los animales solo hay medioambiente (*Umwelt*). Parente delimita la concepción protésica en torno a cuatro conceptos principales (prótesis,

déficit, equilibrio y compensación), organizados de forma cíclica: tras un momento de equilibrio originario, surge un animal inespacializado, que pone en juego la técnica para compensar el déficit biológico, a fin de volver al estado original del equilibrio.

Parente dedica numerosas críticas a esta concepción protésica. En primer lugar, debería ser posible identificar qué déficit viene a compensar cada una de las técnicas, lo cual no es fácil si pensamos en casos como por ejemplo la escritura. Por otra parte, es difícil explicar la diferencia entre técnicas rudimentarias y la tecnología actual: todo quedaría subsumido bajo el macroconcepto de prótesis. En tercer lugar, puede decirse que la concepción protésica está pensada para un modelo artesanal y no para los complejos sistemas sociotécnicos de nuestros días.

Otro punto interesante de crítica radica en la dificultad de precisar qué es una necesidad “natural”. La historia del hombre muestra cómo la técnica crea ella misma nuevas necesidades de acuerdo con los contextos culturales o valorativos. Hay sociedades que siguen hoy en el mundo artificial del neolítico, lo cual muestra una enorme variabilidad sincrónica y diacrónica que difícilmente podemos explicar en función de la idea de necesidad natural o biológica. Por último, puede decirse que existe una cuota ilusoria en pensar que la técnica es capaz de restituir el equilibrio originario, pues la compensación técnica puede provocar un nuevo desequilibrio. La propuesta del autor es pensar a la técnica no como una prótesis que viene a compensar una falta originaria, sino como un *plus*, un excedente a la compensación. La técnica abre un mundo antes inaccesible al hombre: no lo revierte a una etapa de equilibrio ecológico e igualdad con el resto de los animales. Parente concluye por señalar que el abordaje del fenómeno técnico basado en un léxico que se focaliza en el nexo causal entre imperfección biológica y técnica como prótesis compensatoria, debe abandonarse en función de las aporías que se han señalado. Según nuestra opinión, la propuesta de pensar la técnica como excedente puede ser una clave de análisis para el abordaje de corrientes actuales como el transhumanismo de la escuela oxoniense de Nick Bostrom, que ven a la esencia humana como *work-in-progress* y defienden a la tecnología como fuente de perfeccionamiento de la existencia humana en el ámbito individual, a la vez que bregan por la incorporación de tecnologías para extender las capacidades físicas e intelectuales del hombre más allá de las naturalmente dadas a un hombre sano.

En síntesis, la compilación de artículos sobre tecnología, sociedad y valores que presenta Diego Parente debe ser bienvenida, por su calidad, originalidad y diversidad temática y de enfoques teóricos. Además de brindar un buen panorama de la mayoría de corrientes actuales en el campo, es útil para realizar una aproximación histórica, pues muchos de los artículos recuperan los distintos hitos en la filosofía de la tecnología: en Vega aparecen Platón y Aristóteles, Broncano recupera a la teoría crítica, Heidegger y otros autores deterministas, Cecchetto la ética de la responsabilidad de Jonas, Queraltó los enfoques pragmáticos, Lawler a Bunge y Simon, y Parente a la antropología filosófica de tradición germana. Por todo esto, el libro es recomendable no solo para interesados en temas puntuales, sino también como guía para la elaboración de cursos académicos en filosofía de la tecnología, hoy lamentablemente escasos en las universidades de la región.

DOMINIQUE VINCK

LES NANOTECHNOLOGIES

PARÍS, ED. LE CAVALIER BLEU, COLECCIÓN "IDÉES REÇUES",
2009, 128 PP.*

La originalidad de esta pequeña obra de introducción y divulgación de la cuestión de las nanotecnologías radica en que está escrita por un investigador en ciencias sociales y no, como podría esperarse, por un físico o un químico. La sensibilidad del autor procede del campo CTS (ciencia y tecnología en la sociedad); la obra se alimenta de trabajos provenientes de la sociología de la ciencia y la innovación. Esta sensibilidad se traduce en la manera de abordar el tema. Por ejemplo, en lugar de dar una definición de las nanotecnologías que corte con toda discusión, expone que esa definición es el objeto mismo de una controversia por los actores e intereses. El lector es transportado al corazón de las nanotecnologías tal como se desarrollan en la investigación, en los medios industriales, en las

* Traducido del francés por Pablo Pellegrini.

instancias de regulación y en los debates públicos, evitando aislar una parte de la realidad de las nanotecnologías que revelarían aspectos científicos o técnicos “puros”.

La obra muestra que las nanotecnologías, aun siendo recientes, están ya rodeadas de numerosas ideas convencionales que conciernen a su naturaleza, su beneficio o su peligrosidad para la sociedad. Para aportar algunas aclaraciones sobre el tema, el autor elige tratar las nanotecnologías tal como se presentan en la realidad, es decir, tal como son pensadas y fabricadas por determinados actores sociales. Intenta dar cuenta de aquello que hacen las nanotecnologías, los investigadores, los empresarios y las naciones, y por qué lo hacen. ¿Qué nanotecnologías son comercializadas o solamente exploradas, imaginadas? ¿Por qué estas tecnologías son objeto de debates y discusiones? ¿Por qué hay grupos que se oponen a su desarrollo? ¿Qué problemas y qué soluciones arriesgan aportar?

La aventura de las nanotecnologías recién empieza. Algunos deploran que al ciudadano se le presente un hecho consumado y que los debates solo tengan la función de hacer aceptar a la sociedad el “hecho tecnocrático consumado”, como si las decisiones estuvieran ya tomadas y el porvenir ya trazado. Ahora bien, los cuestionamientos parecen numerosos; tratan tanto sobre lo que sería realmente posible de realizar con las nanotecnologías, sobre la manera de repartir los beneficios y de minimizar los efectos nefastos, como sobre el comportamiento de los mercados y de la sociedad. La incertidumbre es grande, sobre todo porque los actores que entran en el juego son muchos y diversos. Nadie puede por sí solo controlar los desarrollos emprendidos. Grupos sociales surgen y se manifiestan para defender los intereses de diversos componentes de la sociedad, en especial de aquéllos que corren el riesgo de quedar marginados u olvidados, quienes pagarían las consecuencias de los desarrollos emprendidos. Las nanotecnologías no son solo un problema de la ciencia y la tecnología; son sobre todo un desafío para la sociedad en cuanto a la manera de lograr su inclusión social.

Para comprender lo que son y en lo que se vuelven las nanotecnologías, es preciso seguir a los actores (estados, empresarios, investigadores, grupos sociales involucrados, instancias de regulación, etc.), identificar cuáles son las fuerzas presentes y sus recursos, y tomar en cuenta aquello que fabrican (como objetos, mercados, usos, reglas, instituciones, redes). No alcanza, por ende, con una buena enseñanza de física o química. Es necesario establecer los

vínculos, numerosos y complejos, entre los conocimientos producidos, los instrumentos, los colectivos de actores (en investigación, en la industria y en el resto de la sociedad) que contribuyen a dar forma a lo que será poco a poco el futuro de nuestra sociedad.

La obra muestra que las elecciones que conciernen al desarrollo de las nanotecnologías están delante nuestro: elecciones de política científica e industrial, formas de organizar la producción de conocimientos, estructuración de los medios industriales, formación de jóvenes trabajadores, ingenieros e investigadores, y también la construcción de instituciones de control y regulación.

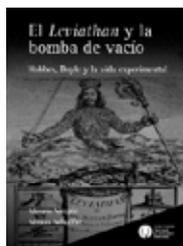
Las nanotecnologías se han vuelto un gran asunto mundial. Los políticos se inquietan y financian su desarrollo. Los investigadores y empresarios se lanzan en una carrera gigantesca para ocupar los mejores lugares. Las instituciones y grupos de presión intentan regular su utilización. Los grupos de reflexión buscan imaginar las transformaciones de la sociedad y de la vida humana habilitadas o provocadas por estas nuevas tecnologías. Involucran a todo el mundo. Se ha vuelto un asunto de los ciudadanos, representantes, investigadores, consumidores y empresarios.

La obra no propone una divulgación científica y técnica clásica. Al contrario, trata de aquello que hacen los actores: problemas de política industrial y científica, de creación de nuevos mercados, de regulación por la ley o por comités de ética, de discusión y control democrático pero también de debate democrático, de estrategias de investigación y de riesgos.

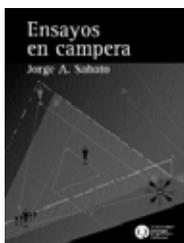
La obra comprende cuatro partes. Abarca las ideas convencionales acerca de las nanotecnologías y, a continuación, los usos, los riesgos y el estado de su desarrollo en el mundo. También incluye una interesante bibliografía comentada.



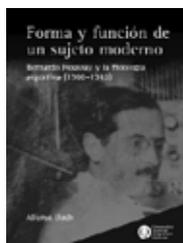
▪ Kreimer, Pablo, Hernán Thomas et al. (eds.), Producción y uso social de conocimientos. Estudios de sociología de la ciencia y la tecnología en América Latina



▪ Shapin, Steven y Simon Schaffer, El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes y Boyle entre la ciencia y la política



▪ Sabato, Jorge A., Ensayos en campera



▪ Buch, Alfonso, Forma y función de un sujeto moderno. Bernardo Houssay y la fisiología argentina (1900-1943)



▪ Vessuri, Hebe, "O inventamos o erramos". La ciencia como idea-fuerza en América Latina



▪ Hernán Thomas, Alfonso Buch (coordinadores), Actos, actores y artefactos. Sociología de la tecnología



▪ Knorr-Cetina, Karin, La fabricación del conocimiento. Un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia



▪ Salomon, Jean-Jacques, Los científicos. Entre poder y saber

En venta en librerías / Distribución: Prometeo Libros
Teléfono: (11) 4864-3297 / Correo electrónico: <distribuidora@prometeolibros.com>
Página web: <www.prometeolibros.com>

NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

REDES es una revista con vocación latinoamericana, que pretende estimular la investigación, la reflexión y la publicación de artículos en el amplio campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, y en todas las subdisciplinas que lo conforman (sociología, política, historia, economía, comunicación, gestión, antropología, educación, análisis institucional, filosofía). Por ello, recibe con gusto contribuciones de académicos y estudiosos latinoamericanos, pero también de otras regiones, para su difusión en el público de la región.

Los autores deben enviar los artículos por correo electrónico a <redes@unq.edu.ar> o por correo a:

REDES, Revista de Estudios de la Ciencia
Instituto de Estudios Sociales sobre la Ciencia y la Tecnología
Solís 1067
C1078AAU - Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Argentina

Las colaboraciones deben ser inéditas.

REDES publica tres tipos de texto: artículos, notas de investigación y reseñas bibliográficas.

En cada artículo que se envíe se debe indicar a qué sección corresponde.

La longitud máxima para la sección Artículos es de 12.000 palabras; para Notas de investigación, de 8.000 palabras y para las Reseñas 5.000.

Los artículos deben incluir un resumen en castellano de hasta 200 palabras con cuatro palabras clave. Deberá incluirse también la traducción al inglés del título, del resumen y de las palabras clave.

Los cuadros, gráficos y mapas se incluirán en hojas separadas del texto, numerados y titulados. Los gráficos y mapas se presentarán confeccionados para su reproducción directa.

Toda aclaración con respecto al trabajo se consignará en la primera página, en nota al pie, mediante un asterisco remitido desde el título del trabajo.

Los datos personales del autor, pertenencia institucional, áreas de trabajo y domicilio para correspondencia se consignarán al final del trabajo.

Las citas al pie de página se enumerarán correlativamente.

Las obras citadas, si las hubiera, se listarán al final y se hará referencia a ellas en los lugares apropiados del texto principal de acuerdo al Sistema Harvard (Apellido del autor, año de la edición del libro o del artículo) y el número de página cuando fuese necesario. Ej. (Collins, 1985: 138).

Referencias bibliográficas

Se traducirá y castellanizará todo lo que no sea el nombre del autor y el título de la obra (London = Londres, Paris = París, New York = Nueva York, and = y).

Los datos se ordenarán de acuerdo con las características siguientes:

Libros:

[Autor] Apellido, Inicial nombre (fecha), *Título* (en cursivas), lugar, editorial.

Si hubiera más de un autor, los siguientes se anotan: Inicial nombre Apellido.

Ejemplos

Auyero, J. (1999), *Caja de herramientas. El lugar de la cultura en la sociología norteamericana*, Buenos Aires, Universidad Nacional de Quilmes.

Bijker, W., T. Pinch y T. Hughes (eds.) (1987), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge y Londres, The MIT Press.

Artículos de revistas o de publicaciones periódicas:

[Autor] Apellido, Inicial nombre (fecha), "Título" (entre comillas; si está en idioma extranjero solo se escribirá en mayúscula la primera inicial del título, como en castellano), *Nombre de la revista o publicación* (en cursivas), volumen, (Nº), p. (o pp.).

Si hubiera más de un autor, los siguientes se anotan Inicial nombre Apellido.

Ejemplos

Labarca, M. (2005), "La filosofía de la química en la filosofía de la ciencia contemporánea", *REDES*, 11, (21), pp. 155-171.

Georghiou, L. y D. Roessner (2000), "Evaluating technology programs: tools and methods", *Research Policy*, 29, (4-5), pp. 657-678.

Volúmenes colectivos:

[Autor] Apellido, Inicial nombre (fecha), "Título de capítulo o parte" (entre comillas), en [Autor] Apellido, Inicial nombre (comp. o ed.), *Título* (en cursivas), lugar, editorial, año, p. (o pp.).

Si hubiera más de un autor, los siguientes (hasta tres) se anotan Inicial nombre Apellido y se separan con comas. Si hubiera más de tres autores: Apellido del primero, Inicial del nombre *et al.* (fecha)....

Ejemplo

Casanova, J. (1999), "Religiones públicas y privadas", en Auyero, J. (comp.), *Caja de herramientas. El lugar de la cultura en la sociología norteamericana*, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes, pp. 115-162.

Law, J. (1987), "Technology and Heterogeneous Engineers: The Case of Portuguese Expansion", en Bijker, W., T. Pinch y T. Hughes (eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge y Londres, The MIT Press, pp. 111-134.

Bibliografía general:

Se ubicará al final del texto. El esquema a seguir será el consignado en "Referencias bibliográficas". Se eliminará la mención del número de páginas, con excepción de los casos de revistas o trabajos incluidos en volúmenes colectivos.

En el caso de que el autor haya utilizado el sistema Harvard, toda la bibliografía se unificará con el año entre paréntesis después del nombre del autor y las notas al pie remitirán a la Bibliografía, que se ordenará al final del texto alfabéticamente y siguiendo el mismo criterio.

Los trabajos son sometidos a una evaluación por parte del Consejo Editorial y de árbitros anónimos. La revista no asume el compromiso de mantener correspondencia con los autores sobre las decisiones adoptadas.

Esta edición se terminó de imprimir
en Cilincop SA, Díaz Velez 3461,
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

