

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 nanoscopía 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.