

LA EMERGENCIA DE LA NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA EN ARGENTINA

Matthieu Hubert

INTRODUCCIÓN

En la conformación de campos tecnocientíficos confluyen el mundo de la investigación académica y el de las políticas públicas. Por un lado, los nuevos campos no surgen “de la nada” y la emergencia de un campo está necesariamente vinculada con algún tipo de reconfiguración disciplinar a partir de campos preexistentes. Por otro lado, en muchos casos¹, las políticas públicas parecen jugar un papel central en la estructuración de campos que fueron consideraros, en determinados momentos, como prioritarios. Esa tensión entre dinámicas internas (científicas) y externas (políticas) está muy presente en el caso de la nanociencia y nanotecnología². En efecto, este campo se presenta no sólo como resultado de la “convergencia” de investigaciones anteriores por parte de científicos formados en física, química, ciencia de los materiales y biología (Roco y Bainbridge, 2003), sino también como área prioritaria en las agendas de las instituciones y políticas de ciencia y

1 Por lo menos desde que se institucionalizaron las políticas científicas, después de la segunda Guerra mundial.

2 El campo de la nanociencia y la nanotecnología agrupa a las investigaciones cuyo objeto posee una o varias dimensiones características a la escala del nanómetro. Muchos sectores industriales (energía, electrónica, telecomunicación, materiales, etc.) están involucrados en la producción y el uso de este conjunto de conocimientos y tecnologías transversales.

tecnología, tanto en los países más industrializados (Schummer, 2007) como en los de menor desarrollo (Invernizzi, Hubert y Vinck, 2014).

Este capítulo tiene por objetivo presentar ciertos aspectos de este doble proceso, científico y político, a través del cual surge y se institucionalizan la nanociencia y la nanotecnología en Argentina. La propuesta es mostrar algunos mecanismos característicos de la conformación de un nuevo espacio de investigación y su estructuración progresiva como campo tecnocientífico -es decir un área de investigación que alcanzó cierto nivel de institucionalización. Varios conjuntos de datos y materiales fueron usados para reconstruir esa historia: entrevistas a investigadores del campo y registros de visitas a sus laboratorios³; revisión bibliográfica de artículos académicos e informes institucionales relacionados con el desarrollo de la nanociencia y nanotecnología en Argentina.

En el texto, distinguiré dos niveles de análisis para caracterizar la emergencia y la institucionalización de esa área en Argentina: el nivel científico, en el cual la emergencia de un espacio de investigación en nanociencia y nanotecnología resulta de la (re)orientación de investigaciones hacia temáticas y objetos de investigación que fueron agrupados bajo la denominación común de “nano” en la escala internacional; el nivel político, en el cual esa área se afirma como prioritaria en las agendas de las instituciones y políticas de ciencia y tecnología en Argentina. Esos dos niveles, a pesar de sus numerosas interacciones, serán distinguidos para entender las dinámicas de conformación del campo⁴. El texto está dividido en dos partes, que retoman la distinción entre los dos niveles mencionados.

1. LA CONFORMACIÓN DE UN ESPACIO DE INVESTIGACIÓN

A nivel científico, se pueden identificar y diferenciar dos tipos de factores para dar cuenta de la emergencia de la nanociencia y nanotecnología en Argentina: primero, el papel que juega la inserción internacional de algunos actores locales que importaron nuevas técnicas y prácticas experimentales desde afuera (1.1); segundo, algunos procesos característicos de las comunidades científicas involucradas a nivel nacional e internacional (1.2).

3 Aunque no aparecen citados como fuentes a lo largo del texto, informaciones de entrevistas y registros de visitas sirvieron para reconstruir esa historia.

4 En particular, veremos que esa distinción corresponde también a un corte temporal, ya que la afirmación de la nanociencia y nanotecnología como objeto de política científica aparece en 2003-2004, más de una decena después de las primeras investigaciones en el campo en Argentina.

1.1. NUEVOS INSTRUMENTOS, “PIONEROS” Y CIRCULACIÓN INTERNACIONAL DE PRÁCTICAS EXPERIMENTALES

La nanociencia y nanotecnología está generalmente definida en términos de tamaño –una definición que incluye los objetos y las actividades que tienen dimensiones características generalmente situadas entre 1 y 100 nanómetros⁵. Sin embargo, esa definición no proporciona un criterio muy preciso de pertenencia y no existe una definición consensual del área. Muchas actividades se pueden incluir o excluir según los intereses propios de los actores involucrados (« *there is much room for hype* », Schummer, 2007). Los científicos agregan generalmente otros criterios característicos o condiciones de pertenencia. Algunos consideran que un objeto o un material se pueden considerar como “nano” si es necesario aplicar la teoría cuántica para entender su comportamiento, aunque otros evalúan que poseer algunas propiedades físico-químicas específicas a esa escala (por ejemplo los efectos “de superficie”) es una condición suficiente. Se considera también que el tipo de instrumentación necesaria para caracterizar y fabricar los nano-objetos y materiales es característico de esa tecnociencia emergente.

Este último criterio tiene bastante peso porque, en muchos relatos históricos sobre la emergencia de la investigación en nanociencia en nanotecnología, la invención del microscopio de efecto túnel está mencionada como un evento fundador (Mody, 2006). Su descripción en términos de primera herramienta que permite visualizar y manipular un único átomo acompaña la mayoría de los discursos de divulgación e información científica sobre esa nueva tecnociencia. Inventado en 1981 por Gerd Binnig y Heinrich Rohrer en un centro de investigación de IBM en Zurich (Suiza), abrió el camino hacia la caracterización y fabricación de nano-objetos a partir de sus componentes elementales que son los átomos. Además del propio microscopio de efecto túnel, un conjunto de nuevos instrumentos fueron inventados, hace más de 30 años, a partir del principio de funcionamiento diseñado por Binnig y Rohrer. Se conformó así una nueva familia de técnicas capaces de fabricar y caracterizar nano-partículas o materiales cuyo potencial tecnocientífico se explica por su carácter transversal y genérico. Esa familia, llamada “microscopia de sonda de barrido”, no solo aportó constantemente nuevas posibilidades de “investigación técnico-instru-

⁵ La mayoría de las definiciones toman en cuenta el aspecto dimensional de los objetos estudiados y manipulados. Sin embargo, como muestra Brice Laurent (2013) comparando el trabajo de varias instituciones de regulación de la producción y el uso de los nanomateriales (la Organización Internacional de Normalización, la Comisión Europea y la Agencia Francesa de Normalización), cada una adopta una definición sensiblemente diferente en función de su propia concepción de la relación entre evaluación científica y regulación política.

mental” (Shinn, 2000), sino que también abrió nuevos pasos y temas de investigación científica.

Les científicos argentinos no quedaron afuera de las nuevas perspectivas abiertas por esas nuevas técnicas instrumentales. En particular, a fines de los años 80, “el Dr. Arría, Director del INIFTA (Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas), se puso en contacto con investigadores españoles que estaban vinculados con los grupos que habían inventado estos instrumentos”⁶. En ese marco, el Dr. Roberto Salvarezza, entonces investigador asistente del CONICET en la Universidad de la Plata, consiguió una “beca externa” para realizar una estadía postdoctoral de tres años (1988-1991) en el Departamento de Física de la Materia Condensada y en el Departamento de Fisicoquímica de la Universidad Autónoma de Madrid en España. Ahí estudió temas relacionados con la “aplicación de la microscopía de efecto túnel y técnicas de simulación a la formación electroquímica de nuevas fases”⁷. Además, durante su estadía, consiguió en 1989 otra beca del centro de investigación de IBM en Zurich (el centro donde trabajaban los inventores de la microscopía de efecto túnel) para asistir a un curso sobre el uso de esa nueva microscopía –un curso llamado “Basic concepts and applications of scanning tunneling microscopy and related techniques”⁸. Así, en 1991, cuando el Dr. Salvarezza vuelve a la Universidad de la Plata en Argentina con una sólida formación y algunos contactos con grupos reconocidos en el manejo de esas nuevas técnicas experimentales, “el INIFTA compra el primer microscopio de efecto túnel y desde aquel momento se forma el Laboratorio de Nanoscopia y Fisico-Química de Superficies”⁹. El nuevo Laboratorio de Nanoscopia y Fisico-Química de Superficies desarrolló sus actividades en continuación con la experiencia postdoctoral del Dr. Salvarezza en Europa (reproduciendo localmente las condiciones de trabajo experimental que había encontrado en el extranjero) y se convierte en uno de los grupos más importante en esa área emergente en Argentina¹⁰.

6 Dra. María Elena Vela (Laboratorio de Nanoscopia y Fisicoquímica de Superficies del INIFTA), citada en *U238. Tecnología nuclear para el desarrollo*, 2013, n.6, p.34.

7 CV del Dr. Roberto Salvarezza.

8 CV del Dr. Roberto Salvarezza.

9 Dra. María Elena Vela (Laboratorio de Nanoscopia y Fisicoquímica de Superficies del INIFTA), citada en *U238. Tecnología nuclear para el desarrollo*, 2013, n.6, p.34.

10 El INIFTA tiene “alrededor de 300 publicaciones con referato desde 2000 hasta la actualidad, lo que constituye el 20% del total de las publicaciones del país” (en el campo nano), según *U238. Tecnología nuclear para el desarrollo*, 2013, n.6, p.34.

Si bien la trayectoria del Dr. Salvarezza es el caso más emblemático y comentado en los relatos sobre la emergencia del campo de la nanociencia y nanotecnología, no es el único. En efecto, más de dos tercios de los investigadores que aparecen en el listado de 2008 de la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) tuvieron una experiencia laboral o de posgrado en el exterior¹¹. A partir de esta base de investigadores argentinos formados en parte en centros internacionales de I+D¹², varios institutos locales desarrollaron actividades en nanociencia y nanotecnología a lo largo de los años 90 y 2000. En particular, el Instituto de Química-Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE) de la Universidad de Buenos Aires y el Centro Atómico Bariloche de la Comisión Nacional de Energía Atómica fueron dos focos centrales de ese desarrollo (cf. 2.2).

Así, los científicos argentinos se incorporan rápidamente en la dinámica global de la nanociencia y nanotecnología, en la cual el número de artículos en cuyo título figura el término “nano” se duplica cada 19 meses entre 1986 y 1995 (Braun, Schubert y Zsindely, 1997). En este caso, la emergencia del nuevo espacio de investigación está fuertemente ligada a la circulación internacional de algunos investigadores que “importaron” nuevas prácticas y técnicas experimentales. Esos contactos prolongados con grupos pioneros y reconocidos por sus avances de investigación técnico-instrumental permiten una inserción rápida en temas de fuerte crecimiento a nivel internacional.

1.2. UNA COMBINACIÓN DE PROCESOS DE “REDENOMINACIÓN”, CONVERGENCIA Y REVALORIZACIÓN

Previo al apoyo explícito por parte de las políticas públicas, a nivel nacional o internacional, la conformación de un espacio de investigación en nanociencia y nanotecnología resultó también de la (re)orientación de investigadores formados en disciplinas bien ancladas en la Argentina –como física, química y ciencia de los materiales- hacia temáticas y objetos de investigación agrupados bajo la denominación común de “nano” en la escala internacional. Para los científicos locales, el objetivo de esa reorientación hacia la nanociencia y nanotecnología es doble (Invernizzi, Hubert y Vinck, 2014): a nivel internacional, se trata de mantenerse como actores científicos legítimos, trabajando sobre los

11 Son al menos 34 de los 48 investigadores listados. En algunos casos la información no estaba disponible en el listado o buscando en internet. Se puede encontrar los listados de 2008 y 2012 en el sitio web de la Fundación Argentina de Nanotecnología: www.fan.org.ar.

12 Las experiencias internacionales son generalmente postdoctorados en los países más industrializados, excepto un caso de postdoctorado en la Universidad Estadual de Campinas y algunos casos de estudios doctorales en el exterior.

temas más avanzados y reconocidos por las comunidades científicas internacionales; a nivel nacional, se trata de acceder a mejores condiciones de trabajo y aumentar su prestigio científico local. Además de este doble objetivo que no es específico de la nanociencia y nanotecnología, se puede caracterizar la evolución de las agendas de los investigadores haciendo una distinción entre tres procesos que se combinan para conformar el nuevo espacio de investigación.

Un primer proceso tiene que ver con un simple mecanismo de “redenominación” de investigaciones preexistentes a respecto de las cuales se puede argumentar un vínculo con la nanociencia y nanotecnología. De hecho, muchos químicos consideran que los nano-objetos designan elementos conocidos desde mucho tiempo bajo otro nombre (“antes se llamaba coloides, ahora se llama nanos”, por ejemplo). Del mismo modo, algunos investigadores dicen haber hecho “nano” antes de saberlo, aunque otros prefieren rechazar la etiqueta “nano”, que sería solamente una cuestión de “moda”. A este nivel, es imprescindible tomar en serio el carácter discursivo de la definición de un tema o un objeto de investigación¹³. Este trabajo de definición no es solamente retórico sino que tiene además una dimensión estratégica: como las “retóricas disciplinares” (Pinch, 1990), permiten precisar las fronteras legítimas de los colectivos de investigación. Así muchos investigadores pueden ajustar parcialmente la definición de sus propias investigaciones en función de su manera de posicionarse al respecto de la nanociencia y nanotecnología –y, eventualmente, de una estrategia de acceso a los importantes recursos que esa nueva área ofrece.

Sin embargo, la orientación de las agendas de investigación hacia la nanociencia y nanotecnología no puede reducirse a ese proceso de “redenominación” de investigaciones preexistentes. Está vinculada, además, con reconfiguraciones más fundamentales que asocian nuevos instrumentos, abordajes y conocimientos. Se puede caracterizar esas reconfiguraciones haciendo una distinción entre dos otros tipos de procesos que jugaron un papel importante.

Por un lado, a la escala nanométrica, las distinciones entre materia inerte y viva, o entre moléculas químicas y materia aglomerada, pierden en parte sus significaciones. Según las grandes visiones de “convergencia” entre disciplinas y especialidades de investigación que acompañan los discursos de promoción de la nanociencia y nanotecnología, los objetos de investigación de la física, de la química y de la biología deberían “naturalmente” converger en razón de su tamaño

13 Un trabajo más profundo de cientometría, que excede la presente contribución, permitiría evaluar ese carácter discursivo cuantificando la evolución de las palabras claves usadas en las publicaciones.

común (Roco y Bainbridge, 2003). A nivel del laboratorio, esas visiones se traducen parcialmente en colaboraciones entre investigadores, técnicos e ingenieros de diferentes campos y áreas de especialización. Por ejemplo, las nanopartículas que los químicos sintetizan pueden caracterizarse gracias a técnicas e instrumentos que los físicos manejan desde mucho tiempo (microscopía electrónica clásica, caracterización por rayos X, etc.). Esas cooperaciones entre disciplinas y comunidades existentes permiten diversificar la gama de nanopartículas que se sintetizan, caracterizan y funcionalizan de manera de cumplir ciertos comportamientos y aplicarse en dispositivos técnicos más complejos (los micro/nanosistemas electromecánicos, por ejemplo). Para muchos investigadores (muchos químicos, en particular, que enfatizan la continuidad de las prácticas), esta diversificación y sistematización de los estudios de materiales y objetos a escala nanométrica es lo que caracteriza más fuertemente la nanociencia y nanotecnología. En ese sentido, la evolución de las agendas de investigación hacia la nanociencia y nanotecnología traduce una evolución gradual y continua de campos y especialidades existentes que “convergen” puntualmente para tener acceso a nuevos objetos o técnicas (pluri- o interdisciplinaridad).

Por otro lado, la (re)orientación de las agendas de investigación hacia la nanociencia y nanotecnología se enmarca en una proliferación de promesas al respecto de su potencial de resolución de problemas socio-económicos (Roco y Bainbridge, 2003). Esas promesas justificaron el lanzamiento de grandes programas de investigación en nanociencia y nanotecnología por parte de las agencias norteamericanas y europeas a principio de los años 2000. Además, organizaciones internacionales como el Banco Mundial (BM) o el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) promovieron una política de desarrollo económico estrechamente relacionada con la innovación tecnológica desde los años 90 (Foladori et al., 2012). Por ser un amplio conjunto de tecnologías genéricas y transversales, la nanotecnología se inscribe perfectamente en esa retórica que justifica su integración como área estratégica en las políticas de ciencia y tecnología de los países latinoamericanos¹⁴. En particular, se argumenta que, en el marco de un cambio de paradigma tecnológico, aumentan las posibilidades para reducir la brecha con los países más avanzados y que, a diferencia de rupturas tecnológicas previas, el carácter global de la investigación en nanociencia y nanotecnología situaría a los países “emergentes” o “en desarrollo” en una posición más

14 Foladori et al. (2012) muestran que el discurso de la “economía del conocimiento” acompaña el lanzamiento, en Argentina, Brasil y México, de políticas de nanociencia y nanotecnología que se orientan hacia objetivos de competitividad económica e innovación tecnológica.

favorable para impulsar la nueva tecnociencia, promover el desarrollo y reducir la pobreza. Ese argumento se puede ilustrar, por ejemplo, con la electrónica molecular: está considerada como un paradigma tecnológico alternativo para la producción de micro/nanochips que podría replazar el modelo actual del transistor a base de silicio (Choi y Mody, 2009). En ese sentido, la afirmación de la nanociencia y nanotecnología como nueva área tecnocientífica debería producir un cambio mucho más radical de lo que se plantea con la idea de convergencia entre investigaciones preexistentes: se trata de una brecha en la cual se abren nuevas posibilidades tecnocientíficas, que marca el inicio de una transición en la cual nuevos actores y tecnologías podrían conseguir una posición dominante. Esa retórica de ruptura, asociada a su supuesto potencial socio-económico, tiene una traducción a nivel tecnocientífico: la alineación de la agenda de investigación hacia la nanociencia y nanotecnología se conjuga con la (re)valorización simbólica de su orientación hacia la resolución de problemáticas socio-económicas.

Por consiguiente, se pueden identificar tres procesos que se combinan en la (re)orientación de las agendas de investigación hacia la nanociencia y nanotecnología: un proceso de continuación de investigaciones existentes bajo otro nombre (“redenominación”); un proceso de evolución progresiva gracias a la identificación de nuevas complementariedades entre disciplinas y comunidades preexistentes (“convergencia”); y un proceso de (re)valorización simbólica de la aplicabilidad socio-económica a la cual, supuestamente, las investigaciones en nanociencia y nanotecnología deberían apuntar. A lo largo de los años 90 y 2000, esos procesos acumulativos conforman progresivamente un nuevo espacio tecnocientífico. Sin embargo, no son suficientes para garantizar su institucionalización –es decir su constitución como campo tecnocientífico. En el caso de la nanociencia y nanotecnología en Argentina, tal institucionalización empieza efectivamente durante los años 2000.

2. LA INSTITUCIONALIZACIÓN DE UN ÁREA PLURIDISCIPLINARIA

2.1. UNA NUEVA PRIORIDAD DE POLÍTICA PÚBLICA

Cuando Estados Unidos lanzó la *National Nanotechnology Initiative* en 2000 se incentivó el desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías en el resto del mundo, en particular en América Latina (Invernizzi, Hubert y Vinck, 2014). Esta orientación estuvo fuertemente promovida por organizaciones internacionales y por grandes empresas multinacionales que empezaron a invertir en ese sector de I+D (Foladori et al., 2012). La nanociencia y nanotecnología fueron también una oportunidad movilizadora por las comunidades científicas locales que investigaban el tema y necesitaban fondos crecientes para armar nuevos proyectos

que requerían inversiones en equipamientos de alta tecnología (Hubert y Spivak, 2009). En ese contexto, la entonces Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Nación (SECYT) convirtió en 2003 a la nanociencia y nanotecnología en eje prioritario de su política conjuntamente con las biotecnologías y las tecnologías de la información y la comunicación. En 2004, se abrió una convocatoria de proyectos definidos por la Agencia Nacional de Promoción de la Ciencia y la Tecnología (la “Agencia” de aquí en adelante) en el marco de su “Programa de Áreas de Vacancia” (Andrini y Figueroa, 2008). El resultado de esta convocatoria fue el financiamiento y estructuración de cuatro redes de cooperación (las “redes” de acá en adelante) que reagrupaban cerca de trescientos investigadores argentinos y recibían, cada una, cerca de un millón de pesos.

En paralelo a las actividades de la SECYT, el Ministerio de Economía y Producción apoyó igualmente el desarrollo de esa área emergente con la creación, en 2005, de la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN). Ésta financió, a través de su primera convocatoria a proyectos, 9 “ideas-proyectos” con orientación tecnológica e industrial por un monto cercano a 10 millones de pesos. Mientras que las “redes” correspondían a investigación pública, los proyectos de la FAN estaban directamente orientados hacia los actores privados que debían contribuir con al menos el 20% del financiamiento del proyecto. Tras su incorporación a la jurisdicción del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva a fin de 2007, las actividades de la FAN se diversificaron hacía, entre otras cosas, la sensibilización de los estudiantes universitarios acerca de la importancia de la nanotecnología (programa Nano U), la inversión en proyectos “pre-semilla” de emprendimientos en micro y nanotecnología o la organización de reuniones de intercambio de informaciones (en particular, los encuentros NanoMercosur de 2007, 2009, 2011, 2013 y 2015, que reagrupan actores públicos y privados de la región).

Además de estos dos dispositivos (las “redes” y la FAN) que contribuyeron fuertemente a estructurar y visibilizar la investigación argentina en nanociencia y nanotecnología, varias iniciativas participaron de la institucionalización de esa nueva área. Entre ellas se destaca: en 2005, la creación del Centro binacional Argentino Brasileiro de Nanotecnología y Nanociencia (CABNN), concebido sobre el modelo del centro dedicado a las biotecnologías, y orientado a la organización de talleres y de formación destinados principalmente a investigadores argentinos y brasileros; en 2008, la creación del Centro Interdisciplinario de Nanociencia y Nanotecnología (CINN), que reagrupa cerca de 80 investigadores de las instituciones científicas más activas de Buenos Aires, La Plata y Bariloche, y que recibió un financiamiento de 4 millones de pesos en el marco del “Programa de Áreas Estratégicas” de

la Agencia (García et al., 2012); en 2008, la creación del Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN), que reagrupa a unos 20 investigadores de la CNEA que trabajan en los centros de pesquisa situados en Constituyentes y Bariloche.

Si bien la mayoría de las iniciativas institucionales se llevaron a cabo entre 2003 y 2008, el paisaje institucional se renovó a partir de 2009 con la creación de los “Fondos Sectoriales” por parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Antes de examinar esa creación en el apartado 2.3, es necesario analizar los efectos de las primeras iniciativas institucionales en la conformación de comunidades en nanociencia y nanotecnología.

2.2. LOS INSTRUMENTOS PARA ESTRUCTURAR LAS COMUNIDADES “NANO”

A lo largo de los años 2000, la institucionalización de la nanociencia y nanotecnología se traduce en movimientos de acercamiento entre varias comunidades científicas hacia nuevos objetos y problemas de investigación. Albornoz et al. (2008) muestran, a partir de análisis bibliométricos, que esos movimientos se constituyen en torno a tres polos disciplinares (química, física y ciencia de los materiales) sobre los cuales se suman tres áreas o especialidades muy activas (ingeniería, ciencia de los polímeros y bioquímica–biología molecular). Esas convergencias reproducen bastante bien a nivel nacional lo que pasa a nivel mundial (Albornoz et al., 2008: 24). Del mismo modo, reproducen la estructura temática de las cuatro “redes” nacionales mencionadas en el aparte anterior (cf. 2.1): la red “Materiales nanoestructurados y nanosistemas” en la cual se diseñan y se usan nuevas técnicas instrumentales para estudiar fenómenos físicos (como nanomagnetismo y spintrónica) en nanomateriales; la red “Nanociencia y nanotecnología molecular, supramolecular e interfases” que agrupa principalmente las actividades de síntesis por “auto-ensamblado” molecular, de simulaciones computacionales y de caracterización microscópica de nano-objetos y materiales; la red “Diseño, simulación y fabricación de nano y micro dispositivos, prototipos y muestras” cuyo objetivo es establecer una red de laboratorios con capacidad para diseñar, simular y fabricación de muestras, prototipos y dispositivos a nivel micrométrico y nanométrico; y la red “Autoorganización de bionanoestructuras para la transmisión de información molecular en neurobiología y procesos biológicos” que estudia la autoorganización de péptidos bioactivos, hormonas e interfaces relevantes para la neurobiología, la biocatálisis y la bioremediación.

El panorama se presenta de manera sensiblemente diferente cuando se contemplan los financiamientos. En efecto, el peso relativo de cada disciplina o especialidad muestra ciertas diferencias. Por un lado,

la física, la química y las ciencias de los materiales son las especialidades más activas de esa nueva área, con el 37%, 29% et 25% respectivamente de los 99 proyectos PICT en nanociencia y nanotecnología entre 1997-2005 (MINCYT, 2009: 7). Por otro lado, la biomedicina cuenta solamente con el 2% de los financiamientos PICT. Sin embargo, aporta la gran mayoría de las patentes argentinas y la mitad de los proyectos tecnológicos orientados a la industria. En efecto, 9 sobre 11 de dichas patentes son catalogadas como “nanomedicina y nanobiotecnología” (Albornoz et al., 2008) y 6 de los 12 proyectos FONTAR financiados entre 2006 y 2008 pertenecen a la área llamada “biomedicina-farmacía” (MINCYT, 2009). Por consiguiente, las especialidades científicas dominantes no son aquellas que exploran los campos de innovación más dinámicos como la nanomedicina, cuyas aplicaciones son frecuentemente resaltadas en los discursos públicos¹⁵.

El informe 2009 del Boletín Estadístico Tecnológico del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación propone un panorama más detallado de las actividades de nanociencia y nanotecnología en la Argentina, en el cual se enumera los principales temas que investigan las instituciones tecnocientíficas más activas en esa área (MINCYT, 2009: 5). Ese panorama muestra la diversidad de objetos, técnicas, abordajes y conocimientos que se vinculan con las investigaciones en nanociencia y nanotecnología. Muestra también la especialización relativa de algunas instituciones (el Centro Atómico Constituyentes en el Diseño y la Fabricación de micro- y nano-sistemas; la Universidad de Mar del Plata en los estudios de los materiales nano-estructurados; la Universidad de Córdoba en la nano-biomedicina, etc.). Este doble proceso de diversificación y de especialización traduce, finalmente, la estructuración progresiva de varias comunidades “nano” y la coexistencia, adentro de una misma área, de comunidades científicas que tienen poco en común.

2.3. LOS INSTRUMENTOS PARA RELACIONAR ACTORES ACADÉMICOS E INDUSTRIALES

Una de las iniciativas más estructurantes de estos últimos años fue la concepción, por parte del nuevo Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, de los Fondos Sectoriales (FONARSEC). Esos últimos operan, cada uno, en un campo prioritario del ministerio. Entre esos fondos administrados por la Agencia, el Fondo Sectorial de Nanotecnología (FS-Nano) atribuyó entre 75 millones de pesos a los

15 La mayoría de los grupos de nanomedicina en Argentina se concentran en investigaciones terapéuticas (el *targeting* o vectorización de medicamentos o vacunas, por ejemplo). Aunque son muy dinámicas a nivel internacional, las actividades de diagnóstico (los *labs-on-a-chip*, en particular) están mucho menos exploradas en el país.

8 proyectos financiados tras el primer llamado a proyectos en 2009. A ese financiamiento se suma una contribución de al menos el 20%, en cada caso, que proviene de los participantes del proyecto. Los fondos se destinan a financiar la investigación aplicada cuyo objetivo se centre en la concepción y la fabricación de nuevos nanomateriales y nanodispositivos y, luego, su transferencia a la industria involucrada (metalurgia, mecánica, salud, cosmética, agroindustria). Dicha transferencia se organiza en el marco de “consorcios públicos-privados” y se materializa en “plataformas tecnológicas”. El objetivo de esos consorcios es facilitar de manera durable la coordinación entre actores públicos y privados y, asimismo, asegurar el interés comercial de las innovaciones tecnológicas desarrolladas. Se trata también de incitar a los cerca de 600 investigadores argentinos en nanociencia y nanotecnología, que publican cerca de 200 publicaciones por año, a presentar más patentes –solamente 11 para el periodo 2003/2006 (Albornoz et al., 2008) y unos 50 entre 2007 et 2009 (MENCYT, 2009) a nivel nacional.

A partir de 2009, se observa entonces un reforzamiento de la orientación de la investigación en dirección de la industria y de las aplicaciones. Esta mutación toma forma a través de una renovación de los dispositivos de financiación de la investigación pública y privada. En efecto, entre 2003 y 2008, los proyectos de la FAN financiaban investigaciones orientadas a la industria –investigaciones cuyos objetivos consistían en concebir dispositivos técnicos, mientras que las “redes” nacionales estaban destinadas a la investigación fundamental y a la producción de conocimientos genéricos. A partir de 2009, la implementación de los Fondos Sectoriales FS-Nano favoreció la constitución de redes de actores más heterogéneos –actores que participaban conjuntamente en la realización de proyectos predefinidos y seleccionados en el marco de convocatorias a propuestas. Dicho de otra manera, mientras que las primeras políticas públicas de apoyo a la nanociencia y nanotecnología concibieron instrumentos para financiar, por un lado, la investigación pública y, por otro lado, la privada, a fin del decenio surgen nuevos dispositivos que favorecen la coordinación entre investigaciones básicas y aplicadas al seno de “consorcios públicos-privados”.

Esta segunda ola de dispositivos e instrumentos de política científica se encuadra en la creación, en 2008, del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, que toma control de la FAN hasta entonces bajo la tutela del Ministerio de Economía (y así fuera del perímetro de la SECYT). Además, esta renovación está marcada por un cambio de escala del monto de los financiamientos destinados a cada proyecto. Así, el Fondo Sectorial consagrado a la nanociencia y nanotecnología destina 75 millones de pesos a los 8 proyectos seleccionados –es decir alrededor de 10 millones por proyecto de promedio (entre 4 mínimo y

30 máximo). La concentración de inversiones es entonces mucho más fuerte que en los dispositivos preexistentes. En efecto, solamente 4 millones de pesos financiaban las 4 “redes”, 10 millones de pesos para los 9 proyectos de la FAN y 17,7 millones para la centena de proyectos financiados por el Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCyT) de la Agencia entre 1997 y 2006 (MINCYT, 2009: 7)¹⁶.

CONCLUSIÓN

El objeto de ese texto era poner en evidencia el doble proceso, científico y político, a través del cual se puso en la agenda la nanociencia y la nanotecnología como temática prioritaria. A nivel científico, se identificaron varios mecanismos que, combinados, producen la (re)orientación de las agendas de investigación hacia la nanociencia y nanotecnología: inserción internacional de investigadores locales, red denominación de temáticas preexistentes, convergencia de objetos e instrumentos en la escala nanométrica, y revalorización simbólica de la aplicabilidad socio-económica. A nivel político, se distinguen dos tipos de instrumentos que permiten la institucionalización de la nanociencia y nanotecnología en Argentina: los instrumentos que permiten la estructuración de comunidades “nano” y los que facilitan las relaciones entre actores académicos e industriales. A este nivel aparece más claramente el trabajo no sólo científico sino también político e institucional que se necesita para transformar un área pluridisciplinaria en un campo tecnocientífico que presenta las características de la “nueva disciplinaridad” (Marcovich y Shinn, 2011) –es decir un espacio que combina cierto grado de integración dentro de “fronteras robustas” y alrededor de uno o varios “referentes disciplinarios”, con la “elasticidad” que supone la participación en proyectos interdisciplinarios (los cuales involucran, eventualmente, investigaciones académicas e industriales).

Estas páginas no pretenden erigir al caso de la nanociencia y nanotecnología como específico o singular, sino poner en evidencia por lo menos dos cuestiones y tensiones características de la conformación de este campo tecnocientífico. La primera tiene que ver con el rol estructurante de las políticas públicas en la institucionalización progresiva de la nanociencia y nanotecnología. En este rápido recorrido histórico, mostramos que los instrumentos de la política científica y tecnológica tienen efectos limitados sobre la conformación del campo. En efecto, no dan el impulso inicial que permite la emergencia de un espacio de investigación en nanociencia y nanotecnología: las primeras investigaciones surgen en Argentina por lo menos una dé-

¹⁶ Esas comparaciones no toman en cuenta la fuerte inflación que hubo en Argentina en los 10 últimos años (entre 10 y 20% por año desde 2005, según el Banco Mundial).

cada antes de las políticas que los promueven. Además, aunque esos instrumentos de política promueven desde 2003 (sobre todo a partir de 2009) el fortalecimiento de las relaciones entre ciencia e industria, el impacto socio-económico de ese conjunto de nuevas tecnologías parece todavía lejos de las expectativas y de las promesas formuladas para justificar la inversión masiva de fondos públicos en este campo. Sin embargo, mostramos también que los instrumentos de política producen cambios sensibles en las comunidades científicas involucradas (por la estructuración temática que esos instrumentos permiten o facilitan) –y, muy probablemente, en las trayectorias individuales de los investigadores que se involucran en esas temáticas (ver, por ejemplo, Spivak y Hubert, 2012). En ese sentido, la nanociencia y la nanotecnología no constituyen solamente una “etiqueta” de la cual se apropian los científicos de manera oportunista para conseguir fondos: las políticas públicas y las comunidades científicas co-construyen un conjunto de objetos de estudio, proyectos y programas (agregados bajo la denominación común “nano”) que conforman progresivamente (¿y temporalmente?) un campo tecnocientífico.

La segunda cuestión tiene que ver con la relación entre emergencia de un campo de investigación y reconfiguraciones disciplinares. Traduciendo las visiones de “convergencia” entre disciplinas y especialidades tecnocientíficas (cf. 1.2), las políticas de nanociencia y nanotecnología estimularon las colaboraciones entre investigadores, técnicos e ingenieros provenientes de diferentes campos y áreas de especialización. Sin embargo, la realidad de los acercamientos interdisciplinarios es más compleja. A partir de los elementos presentados (cf. 2.2), se puede suponer que ésta reposa más sobre la confrontación o la complementariedad de las disciplinas y especialidades que sobre la “fusión” en un nuevo paradigma (Vinck y Robles, 2011). Dicho de otra manera, las disciplinas y especialidades preexistentes conservan su importancia y, tanto en Argentina como en otros países, el desafío de las investigaciones en nanociencia y nanotecnología es más bien crear nuevos sub-campos (como la nanomedicina, por ejemplo) o integrar avances científicos y técnicos en las disciplinas y especialidades preexistentes (las técnicas de nanoscopia, por ejemplo), que de fundirlas en un campo unificado (como lo sugiere la idea de “convergencia”). Así, por ejemplo, las cuatro “redes” nacionales, formadas para estructurar la investigación argentina en nanociencia y nanotecnología a partir de las comunidades preexistentes, reactualizaron fuertemente las divisiones disciplinarias entre física, química, biomedicina y ciencia de los materiales. Es entonces difícil afirmar que las disciplinas y especialidades se borran a escala nanométrica; tampoco podemos decir que se está conformando una disciplina unida alrededor de las actividades

de investigación en nanociencia y nanotecnología. Sin embargo, y a modo de programa a futuro, parece interesante analizar los cambios que la nanociencia y nanotecnología producen *entre* las especialidades y disciplinas que configuran este campo (en términos, por ejemplo, de prestigio o de competición para el acceso a recursos), tomando en cuenta las especificidades del contexto institucional argentino.

BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz, Mario, Barrere, Rodolfo, Bageneta, Martín, Charreau, Hernán, López Monroy, Elizabeth y Matas, Lautaro 2008 *La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias* (Buenos Aires: Informe del Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica).
- Andrini, Leandro y Figueroa, Santiago 2008 “El impulso gubernamental a las nanociencias y nanotecnologías en Argentina” en Foladori, Guillermo y Invernizzi, Noela (comps.) *Las Nanotecnologías en América Latina* (México DF: M.A. Porrúa, UAZ, ReLANS) p. 27-39.
- Braun, Tibor, Schubert, Andras y Zsindely, Sandor 1997 “Nanoscience and nanotechnology on the balance” en *Scientometrics* Vol. 38, N° 2, p. 321-325.
- Choi, Hyungsub y Mody, Cyrus 2009 “The long history of molecular electronics: Microelectronics origins of nanotechnology” en *Social Studies of Science* Vol. 39, N° 1, p. 11-50.
- Foladori, Guillermo, Figueroa, Santiago, Záyago-lau, Edgar y Invernizzi, Noela 2012 “Características distintivas del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina” en *Sociologías* N° 30, p. 330-363.
- García, Marisa, Lugones, Manuel y Reising, Ailin 2012 “Conformación y desarrollo del campo nanotecnocientífico argentino: una aproximación desde el estudio de los instrumentos de promoción científica y tecnológica” en Foladori, Guillermo Záyago-lau, Edgar y Invernizzi, Noela (comps.) *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina* (Mexico DF: Editions M.A. Porrúa) p.13-32.
- Hubert, Matthieu y Spivak, Ana 2009 “Integrarse en redes de cooperación en nanociencias y nanotecnologías: el rol de los dispositivos instrumentales” en *REDES Revista de Estudios Sociales de la Ciencia* Vol. 15, p. 69-91.
- Invernizzi, Noela, Hubert, Matthieu y Vinck, Dominique 2014 “Nanoscience and Nanotechnology: How an Emerging Area on the

- Scientific Agenda of the Core Countries Has Been Adopted and Transformed in Latin America” en Medina, Eden, Marques, Ivan da Costa y Holmes, Christina (comps.) *Beyond Imported Magic. Essays on Science, Technology, and Society in Latin America* (Cambridge, Massachusetts: MIT Press) p. 223-242.
- Laurent, Brice 2013 “Les espaces politiques des substances chimiques. Définir des nanomatériaux internationaux, européens et français” en *Revue d’anthropologie des connaissances* Vol. 7, N° 1, p. 195-221.
- Marcovich, Ann y Shinn, Terry 2011 “Where is disciplinarity going? Meeting on the borderland” en *Social Science Information* Vol. 50, N° 3-4, p. 582-606.
- Mody, Cyrus 2006 “Corporations, Universities, and Instrumental Communities. Commercializing Probe Microscopy, 1981–1996” en *Technology and culture* Vol. 47, p. 56-80.
- MINCYT 2009 *Nanotecnología* (Buenos Aires: Boletín Estadístico Tecnológico del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva).
- Pinch, Trevor 1990 “The culture of scientists and disciplinary rhetoric” en *European Journal of Education* Vol. 25, N° 3, p. 295-304.
- Roco, Mihail y Bainbridge, William (comps.) 2003 *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science* (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers).
- Schummer, Joachim 2007 “The Global Institutionalization of Nanotechnology Research: A Bibliometric Approach to the Assessment of Science Policy” en *Scientometrics* Vol. 70, N° 3, p. 669-692.
- Shinn, Terry 2000 “Formes de division du travail scientifique et convergence intellectuelle. La recherche technico-instrumentale” en *Revue Française de Sociologie*, Vol. 41, N° 3, p. 447-473.
- Spivak, Ana y Hubert, Matthieu 2012 “Movilidad científica y reflexividad. De cómo los desplazamientos de los investigadores modelan modos de producir conocimientos” en *REDES Revista de Estudios Sociales de la Ciencia*, Vol. 18, p. 85-111.
- Spivak, Ana, Hubert, Matthieu, Figueroa, Santiago y Andrini, Leandro 2012 “La estructuración de la investigación argentina en nanociencia y nanotecnología: balances y perspectivas” en Foladori, Guillermo Záyago-lau, Edgar y Invernizzi, Noela (comps.)

Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina (Mexico DF: Editions M.A. Porrúa) p. 33-53.

Vinck, Dominique y Robles, Eduardo 2011 “Convergence dans les nanosciences et nanotechnologies. Le cas des micro et nanosystèmes” en Miège, Bernard y Vinck, Dominique (comps.) *Les masques de la convergence. Enquêtes sur sciences, industries et aménagements* (Paris: Éditions des Archives Contemporaines) p. 43-66.