

**HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES**

INVESTIGACIÓN

## Políticas de promoción a la nanotecnología en contexto semiperiférico: el caso de los Fondos Argentinos Sectoriales

Surtayeva, Sofya\*

### Resumen

El cambio tecnológico y las políticas necesarias para impulsarlo constituyen un complejo desafío para los países latinoamericanos semiperiféricos. En este contexto, la nanotecnología fue definida como una tecnología estratégica y su desarrollo se impulsó desde las políticas públicas buscando mejorar el desempeño del sector productivo. En este trabajo se analiza la trayectoria de la nanotecnología en la Argentina en el período 2003-2015, centrándose en las sucesivas reformulaciones de las políticas públicas de promoción de la nanotecnología y en las capacidades organizacionales e institucionales de gestión de la tecnología para cumplir con los objetivos explicitados. Para ello se incluyen dos estudios de caso contrapuestos, cristalizados en dos proyectos pertenecientes a uno de los instrumentos de política más importantes en la promoción de la nanotecnología: los Fondos Argentinos Sectoriales.

**Palabras clave:** nanotecnología; tecnologías de propósito general; semiperiferia; FONARSEC

---

Este artículo se enmarca en la tesis doctoral titulada «Cambio tecnológico y capacidades políticas, institucionales y organizacionales: análisis de la evolución de la nanotecnología en la Argentina (2003-2015)» financiada por una beca doctoral de CONICET. Recibido el 25/06/2019 y aceptado el 11/10/2019.

**DOI:** <https://doi.org/10.33255/3160/607>

**Autoría:** Universidad Nacional de San Martín (Argentina)

**Contacto:** [sofya.surtayeva@gmail.com](mailto:sofya.surtayeva@gmail.com)



## **Policies to promote nanotechnology in a semi-peripheral context: the case of the Argentine Sectorial Funds**

### **Abstract**

Technological change and the policies necessary to promote it constitute a complex challenge for semiperipheral Latin American countries. In this context, nanotechnology was defined as a strategic technology and its development was driven by public policies seeking to improve the performance of the productive sector. This paper analyzes the trajectory of nanotechnology in Argentina in the period 2003-2015, focusing on the successive reformulations of public policies to promote nanotechnology and the organizational and institutional capabilities of technology management to comply with the explicit goals. To this end, two competing case studies are included, crystallized in two projects belonging to one of the most important policy instruments in the promotion of nanotechnology: the Sectorial Argentine Funds.

**Keywords:** Nanotechnology; General Purposes Technologies; Semiperiphery; FONAESEC

## **Políticas de promoção da nanotecnologia no contexto semiperiférico: o caso dos Fundos Argentinos Setoriais**

### **Resumo**

A mudança tecnológica e as políticas necessárias para promovê-la constituem um complexo desafio para os países latino-americanos semiperiféricos. Nesse contexto, a nanotecnologia foi definida como uma tecnologia estratégica, e seu desenvolvimento foi impulsionado através de políticas públicas que procuram melhorar o desempenho do setor produtivo. Este trabalho analisa a trajetória da nanotecnologia na Argentina no período 2003-2015, com foco nas sucessivas reformulações das políticas públicas de promoção da nanotecnologia e nas capacidades organizacionais e institucionais de gestão da tecnologia para cumprir os objetivos explicitados. Para isso foram incluídos dois estudos de caso opostos, cristalizados em dois projetos pertencentes a um dos instrumentos de política mais importantes na promoção da nanotecnologia: os *Fundos Argentinos Setoriais*.

**Palavras-chave:** nanotecnologia; tecnologia de propósito geral; semiperiferia; FONARSEC

## Introducción

El cambio tecnológico y las políticas necesarias para impulsarlo constituyen un complejo desafío para los países latinoamericanos semiperiféricos. En este contexto, la nanotecnología fue definida como una tecnología estratégica y su desarrollo se impulsó desde las políticas públicas buscando mejorar el desempeño del sector productivo. En este trabajo se analiza la trayectoria de la nanotecnología en la Argentina en el período 2003-2015, centrándose en las sucesivas reformulaciones de las políticas públicas de promoción de la nanotecnología y en las capacidades organizacionales e institucionales de gestión de la tecnología para cumplir con los objetivos explicitados. El caso argentino muestra las limitaciones y restricciones organizacionales, institucionales y macroeconómicas específicas que enfrenta una economía semiperiférica en sus esfuerzos por participar en un nuevo ciclo de cambio tecnológico. Para enfocar este problema se incluyen dos estudios de caso contrapuestos, cristalizados en dos proyectos pertenecientes a uno de los instrumentos de política más importantes en la promoción de la nanotecnología: los Fondos Argentinos Sectoriales, el instrumento que tendió a generar vinculaciones entre el sector científico y el sector productivo.

En este trabajo se adoptó una metodología de tipo cualitativa con dos estudios de casos apoyados en entrevistas a actores claves –contando con su consentimiento para la publicación de sus respectivos testimonios– y otras fuentes como notas de divulgación y/o publicaciones científicas pertinentes, además de materiales de archivo, como leyes, reglamentaciones, páginas web y notas periodísticas. Las entrevistas siguieron un método semiestructurado, sobre la base de una guía de temas compuesta de preguntas abiertas.

El artículo se organiza en varias secciones. La primera sección se enfoca en el desarrollo de la noción de tecnología de propósito general y cómo éste se relaciona con la nanotecnología, caracterizando a Argentina como un país semiperiférico, país periférico con ciertas capacidades industriales y científico-tecnológicas. La segunda sección presenta brevemente una trayectoria de las políticas de nanotecnología en Argentina y la tercera sección se centra en la descripción del instrumento Fondos Argentinos Sectoriales. La cuarta y quinta sección describen los dos proyectos seleccionados como estudios de caso, mientras que en la sexta se discuten los resultados de estos, aportando información sobre el instrumento FONARSEC en general.

## La nanotecnología como una nueva TPG

Los países no centrales, entre ellos los países latinoamericanos, presentan un atraso tecnológico frente a los países centrales, que sostienen y refuerzan su hegemonía económica y militar a través de los beneficios que generan las nuevas industrias mediante rentas tecnológicas (Chase Dunn y Reifer, 2002). Estos beneficios se originan en las políticas tecnológicas e industriales que diseñan e impulsan los países centrales con el propósito de desarrollar y controlar las tecnologías que están en la base de estas nuevas industrias. Por ello, estas tecnologías de vanguardia o tecnologías de propósito general (TPG) pueden entenderse como causas primarias del surgimiento y prolongación de los ciclos de hegemonía en el sistema económico mundial (Hurtado *et al.*, 2017).

Las TPG son tecnologías que realizan alguna función genérica vital capaz de dinamizar de forma transversal muchos sectores de la actividad económica, generando un círculo virtuoso en su avance tecnológico, que en algún momento comenzará a presentar rendimientos decrecientes, presentándose nuevas oportunidades tecnológicas que posteriormente sustituirán la tecnología dominante de la época (Bresnahan y Trajtenberg, 1992: 5), lo que suele ocurrir en la fase de madurez, caracterizada por la pérdida de dinamismo y rendimientos decrecientes. En la fase de madurez las complementariedades y sinergias que hacen que las TPG sean un motor de crecimiento en los países centrales tienden a disminuir y se desplazan hacia países de menor desarrollo. Entonces, para un país que busque mantener y prolongar su posición hegemónica global, un componente central de su política industrial y tecnológica debería ser la identificación y desarrollo de sucesivas TPG, que generen y sostengan ciclos de dinamismo económico. De este modo, desde fines de la Segunda Guerra Mundial, el proceso de construcción de nuevas fronteras tecnológicas a partir del desarrollo de TPG –aeronáutica, energía nuclear, tecnología espacial, semiconductores y TIC, biotecnología y, como proceso en marcha, nanotecnología– fue un componente central de las políticas tecnológicas e industriales que posibilitaron a Estados Unidos sostener el liderazgo económico y militar.

No obstante, la producción académica sobre las TPG y las dinámicas de crecimiento macroeconómico que desencadenan consideran que los aspectos relevantes ocurren casi exclusivamente en el pequeño grupo de las economías centrales y asignan al resto del sistema económico mundial un papel de segunda instancia, cuando en las economías centrales las TPG vigentes muestran signos de agotamiento en su capacidad de producir crecimiento. En esta estructura, la semiperiferia adquiere un rol relevante.

Siguiendo a Wallerstein, la economía mundial capitalista se clasifica en tres zonas económicas de acuerdo al rol que ocupan en la división internacional del trabajo. Los países centrales se caracterizan por ser «zonas en las cuales se concentra la producción diversificada de alta rentabilidad, tecnología avanzada y altos salarios» (1976: 462), mientras que en los países periféricos «se concentra la producción menos diversificada de baja rentabilidad, baja tecnología y bajos salarios». Los países semiperiféricos, por su parte, generan bienes de capital con un menor nivel de intensidad relativa a los países del centro y producen materias primas y productos agrícolas, con salarios medios y cumplen una función estructural, que consiste en dotar de estabilidad al sistema mundial. Según Evans (1979), en los países semiperiféricos la IED se concentra en áreas dinámicas del sector industrial y no sólo en los sectores primarios con capacidad de exportación.

Los países de la semiperiferia se presentan como mercados de tecnología codiciados por los países avanzados, a través de inversión extranjera directa –compra de paquetes accionarios de empresas locales e instalación de subsidiarias, entre otras estrategias–, ventas *llave en mano*, cobro de regalías, o asistencia técnica. Además, al pretender desarrollar capacidades para competir en algunos segmentos de aquellos mercados definidos por las aplicaciones comerciales de las TPG, los países semiperiféricos buscan alterar la estructura jerárquica del sistema mundial y los roles que el campo de fuerzas geopolítico y geoeconómico asigna en la división internacional del trabajo, siendo a menudo objeto de estrategias de obstaculización por parte de los países centrales (Hall y Chase-Dunn, 2006: 49; Hurtado, 2014: 20; Hurtado y Souza, 2018).

Poseedora de una matriz económica agroexportadora con algunas capacidades industriales de baja y media intensidad tecnológica, y con capacidades relativas de fortaleza económica, científico-tecnológica y política, Argentina pertenece a la categoría de países que Wallerstein define como semiperiferia, al intentar ingresar junto con otros países semiperiféricos, desde fines de la Segunda Guerra Mundial, con diferentes grados eficacia, a sectores industriales o segmentos donde se requiere el dominio de TPG, como aeronáutica, nuclear, espacial, semiconductores, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y biotecnología. Desde comienzos del presente siglo, Argentina y otros países de la semiperiferia como Brasil y México, intentan desarrollar capacidades en nanotecnología.

Sin embargo, el factor que comparten en común los países semiperiféricos que logran desarrollar capacidades tecnológicas y competir con relativo éxito en segmentos dinámicos de alguna TPG lo hacen con varias décadas de retraso con respecto al momento en que los países centrales se embarcan en

la construcción de mercados basados en esa TPG, cuando esta ya ha entrado en su fase de madurez y decrece el interés de las economías centrales, que ya están explorando y decidiendo nuevas direcciones de innovación radical. En otras palabras, cuando a nivel global la curva de aprendizaje de una TPG entra en la fase de madurez es cuando, ocasionalmente, los países semiperiféricos logran dominar dicha tecnología y competir a nivel internacional en sus segmentos productivos (Ruttan, 2006).

En este sentido, el caso de la promoción de la nanotecnología constituye un ejemplo del intento de un país semiperiférico de concentrar una parte importante de sus recursos de financiamiento público y de gestión en el desarrollo de capacidades para que una TPG que está en la etapa de irrupción se oriente a mejorar la competitividad de su economía. Ahora bien, Argentina, en su condición de país semiperiférico, anteriormente logró desarrollar capacidades para competir en segmentos de tramas productivas globales en sectores en que una TPG jugó un papel central. Por ejemplo, el caso de la tecnología nuclear muestra el hecho de que un país semiperiférico logra dominar algunos segmentos de una TPG –como los reactores nucleares de investigación o el ciclo del combustible– en su fase de madurez a nivel internacional. En el caso argentino, si bien el dominio de la tecnología nuclear constituye un caso relativamente exitoso, es importante destacar que se logró ingresar y competir en este segmento dinámico cuando, en los países centrales, dicha TPG se encontraba en la fase cercana a la madurez. Asimismo, el desarrollo local de reactores nucleares de investigación no siguió una trayectoria de generación de conocimiento en un área emergente, sino que desde el inicio el objetivo fue poner en marcha procesos de aprendizaje y acumulación incremental de capacidades tecnológicas y organizacionales, de diseño y articulación institucional, además de avanzar en estrategias de enraizamiento hacia otros ámbitos del Estado y del sector empresarial. Es decir, se apuntó a un desarrollo tecnológico sectorial con metas concretas y específicas que no se proponían innovar en la «frontera tecnológica» (Hurtado, 2014).

Siendo que la nanotecnología es concebida como una TPG desde las economías centrales (Motoyama *et al.*, 2011), y considerando las diferencias sustanciales entre las economías centrales y semiperiféricas en cuanto a la asimilación de una tecnología de vanguardia, el artículo se enfoca en la trayectoria de la nanotecnología en Argentina, un país semiperiférico que desde 2003 comienza a dar los primeros pasos en materia de políticas públicas para desarrollar capacidades endógenas en esta área. El caso argentino muestra las limitaciones y restricciones organizacionales, institucionales y macroeconómicas específicas que enfrenta una economía semiperiférica

en sus esfuerzos por participar en un nuevo ciclo de cambio tecnológico. Para enfocar este problema se desarrolla el caso de la nanotecnología en la Argentina en el período 2003-2015, caracterizando dos proyectos de la iniciativa de política más destacable del sector: el instrumento que tendió a generar vinculaciones entre el sector científico y el sector productivo, los Fondos Argentinos Sectoriales.

### **Trayectoria de las políticas de nanotecnología en Argentina**

Bajo el liderazgo de Estados Unidos, las economías centrales durante la década de 1990 asumieron la nanotecnología como potencial TPG. Esta orientación marcó un salto de escala en el financiamiento de esta nueva tecnología en las economías centrales como sector emergente del conocimiento (Motoyama *et al.* 2011; Appelbaum *et al.*, 2011).<sup>1</sup> Siguiendo la tendencia, las primeras iniciativas de promoción de la nanotecnología en América Latina comienzan a ser impulsadas por el discurso de algunos organismos internacionales, como el Banco Mundial, que desde finales de la década de 1990, promovieron un discurso retórico centrado en las potencialidades de la nanotecnología para generar impactos en el corto y mediano plazo en las economías de los países menos desarrollados (Foladori *et al.*, 2008).

En América Latina, Brasil, México y Argentina concentran la mayor parte de las actividades en nanotecnología. Sin embargo, si bien en la retórica oficial de estos países se justifica la necesidad de invertir en nanotecnología por el impacto que produciría en la mejora de la competitividad de sus economías en el corto plazo, la evolución de las políticas de nanotecnología en la región incluyó componentes importantes de integración subordinada, a través de agendas y proyectos de colaboración, a las redes académicas de nanotecnología de las economías centrales (Delgado, 2007: 173; Foladori e Invernizzi, 2013: 37).<sup>2</sup>

Como consecuencia de la crisis política, económica y social de 2001, en Argentina la nanotecnología se incorporó a la agenda de políticas públicas a fines de 2003 e inicios del 2004, algunos años más tarde que en Brasil o México, a través del Programa de Áreas de Vacancia (PAV) impulsado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) dependiente de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SECyT). En aquel momento el país no contaba con estudios prospectivos en temáticas de ciencia y tecnología ni tampoco con capacidades estratégicas de planificación a largo plazo de las mismas. En consecuencia, las políticas se orientaron en mayor medida a resolver problemas de corto plazo y no al desarrollo de ca-

pacidades estratégicas en áreas de I+D. De esta forma, las primeras iniciativas de políticas de promoción de la nanotecnología estuvieron impulsadas por la comunidad científica y, en consecuencia, orientadas a la nanociencia. Esto puede verse en el PAV, impulsado por científicos, que financió la creación de las primeras cuatro redes de investigación en nanotecnología sin vinculación con demandas sociales o productivas locales (Andrini y Figueroa, 2008; PAV: 2004a; PAV: 2004b; Vila Seoane, 2011).

En paralelo, otra iniciativa para impulsar la nanotecnología provino de un grupo de investigadores del Instituto Balseiro, que proponía montar un laboratorio limpio para medición y caracterización de los dispositivos desarrollados por la multinacional estadounidense Lucent Technologies. Esta demanda fue dirigida al entonces titular del Ministerio de Economía y Producción (MinEyP), Roberto Lavagna. Como resultado, en abril de 2005, el MinEyP creó por decreto la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) bajo la figura jurídica de entidad de derecho privado sin fines de lucro como emprendimiento asociado a la transnacional Lucent y dependiente de este ministerio.<sup>3</sup> Según el decreto, el objetivo de la FAN sería «sentar las bases y promover el desarrollo de infraestructura humana y técnica» en el país y alcanzar «condiciones para competir internacionalmente en la aplicación y desarrollo de micro y nanotecnologías que aumenten el valor agregado de productos destinados al consumo interno y la exportación» (Decreto 380, 2005). Como capital inicial, el Estado argentino se comprometía a aportar 10 millones de dólares durante los primeros cinco años de funcionamiento de la entidad.

Creada la FAN, rápidamente se generaron cuestionamientos provenientes desde la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados de la Nación, centrados en la adjudicación directa de fondos a una fundación en la que participaba el sector privado, explicando que la FAN había sido creada «por fuera del marco legal que regula las actividades de ciencia, tecnología e innovación productiva» y sin la participación de la SECYT.<sup>4</sup> Una diputada cuestionó la magnitud de los fondos asignados, sosteniendo que se le otorgaba a la FAN un amplio margen de maniobra y solicitando un informe al Poder Ejecutivo Nacional (*El Litoral*, 2005). Como respuesta, a comienzos de junio, el Parlamento argentino elaboró un proyecto de ley que impulsaba el *Plan Nacional Estratégico de Desarrollo de las Micro y Nanotecnologías*. Si bien el proyecto no fue aprobado, sentó las bases para la reformulación de la política de nanotecnología e instaló la caracterización de la nanotecnología como «tecnología estratégica».

En los «Fundamentos» del proyecto de ley se alertaba sobre los instrumentos para desarrollar nuevas áreas tecnológicas, sobre todo «en donde la

Argentina tiene una muy incipiente experiencia en términos internacionales y en donde no se dispone ni del equipamiento, ni del personal ni de las industrias con capacidad para el desarrollo de productos» y se explicaba que hacía falta «una decisión política de muy largo plazo» que permitiera decidir «en qué áreas de la nanotecnología debemos concentrar nuestros esfuerzos, ya que no estamos en condiciones de realizar inversiones de miles de millones de dólares como se hacen en los países desarrollados» (Senado y Cámara de Diputados de la Nación, 2005). De esta manera, los autores del documento parecían advertir la incongruencia que se presentaba entre las promesas explícitas y la ausencia de condiciones concretas del escenario local. Sin embargo, el mismo documento seguidamente enfatizaba la necesidad de incentivar «la interacción entre los expertos europeos y argentinos» y explicaba que, en el contexto de las últimas convocatorias del Sexto Programa Marco de la Comisión Europea, se había alcanzado «el compromiso de los investigadores europeos a iniciar proyectos colaborativos (STREPS) entre la Argentina y la Comunidad Europea» (Senado y Cámara de Diputados de la Nación, 2005; Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002).

De esta forma, a pesar de las prevenciones y las apelaciones a la competitividad de la economía local, se terminaba retornando a una lógica de concepción internacionalista –semejante a la que se había adoptado con el PAV– centrada en la integración subordinada a centros de I+D de países centrales. Teniendo en cuenta que uno de los objetivos del Sexto Programa Marco era «contribuir de manera significativa a la creación del Espacio Europeo de la Investigación y la innovación», se hace difícil comprender cómo esta estrategia podría favorecer la competitividad de la economía argentina (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002: 232/2).

Lavagna renuncia a su cargo de ministro en noviembre de 2005, sucediéndolo Felisa Miceli, quien cambia la orientación de la FAN, posibilitando la participación de otras empresas y creando un Consejo Asesor, integrado por investigadores y científicos destacados en sus respectivas entidades –como la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), la Universidad de Buenos Aires (UBA), el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), INVAP, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)–. Este Consejo cumplió la función de asesorar a la FAN para la planificación, organización y ejecución de sus actividades y fue quien decidió abandonar el vínculo con Lucent. Si bien la trayectoria institucional de la FAN constituye un tema de investigación en sí mismo, a los fines de este artículo es importante destacar que la iniciativa de su creación buscó ubicar

en el centro de gravedad al sector productivo bajo el argumento del incremento de la competitividad, aunque al girar alrededor de la vinculación con una empresa norteamericana, no se veía de qué manera se verían beneficiadas las empresas nacionales a través de ese vínculo.

Luego de la renuncia de Lavagna, en las políticas de promoción a la nanotecnología comienza a dominar una lógica tendiente al financiamiento de proyectos por área de conocimiento, centrada en las instituciones de I+D, sin considerar las variables adicionales propias de las actividades de innovación productiva, donde el factor empresarial comienza a ser convocado sin coordinación con las políticas industriales. Esto se ve, por ejemplo, en el Programa de Áreas Estratégicas (PAE) financiado por la ANPCyT a fines del 2006 enfocado en las áreas seleccionadas como prioritarias por el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación «Bicentenario» (2006-2010)*,<sup>5</sup> que dio lugar a la creación de dos centros de nanotecnología, que incluían empresas en su estructura, pero cuya participación fue limitada, sin generar demandas productivas.<sup>6</sup>

A fines de 2007, con la creación del Ministerio Nacional de Ciencia y Tecnología (MINCyT), se esperaba dar un salto cualitativo en las capacidades para el diseño y aplicación de políticas para el sector. En términos generales, hasta el 2008, se habían financiado 163 proyectos en nanotecnología por un monto total de más de 56 millones de pesos –alrededor de 18 millones de dólares–, de los cuales 132 pertenecían a la convocatoria de Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica (PICT) –alrededor de siete millones de dólares en total– para proyectos que no exigían vinculación con el sector privado. Otro tanto se correspondía con el PAE, el PAV, los Proyectos de Modernización de Equipamiento (PME) y el Programa de Formación de Recursos Humanos, entre otros (Vila Seoane, 2011: 101; BET, 2009: 7).

### **Fondos Argentinos Sectoriales**

Un salto cualitativo en las políticas se produjo en 2009, con la presentación de los Fondos Argentinos Sectoriales (FONARSEC) de la ANPCyT, bajo la esfera del MINCYT, que iba a financiar parcialmente proyectos para generar plataformas tecnológicas en el sector Nano en tres áreas: nanomateriales, nanointermedios y nanosensores –con un tope máximo de hasta \$30.400.000 en aportes no reintegrables por proyecto (alrededor de 30 millones de dólares)– (FSNano, 2010). En el programa sólo podían aplicar «consorcios asociativos público-privados», figura jurídica que formalizaba la sociedad entre instituciones públicas y empresas para impulsar emprendimientos tecnológicos conjuntos. Asimismo, las empresas debían contribuir con al menos un 20% del costo total del pro-

yecto (Lengyel et al., 2014: 4-5), mientras que los proyectos debían generar innovaciones científico-tecnológicas, que debía traducirse en posibilidades concretas de transferencia. El FONARSEC fue parcialmente financiado por el Banco Mundial y por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Además, el fondo fue inspirado en los Fondos Sectoriales de Brasil, aunque la principal diferencia con el caso argentino es la fuente de financiamiento de los mismos. Mientras que en Brasil son financiados a través de impuestos a empresas, en Argentina el financiamiento proviene de créditos de organismos internacionales como el Banco Mundial y el BID (Del Bello, 2014: 58).

El FONARSEC se enmarcó en el plan *Argentina Innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Lineamientos Estratégicos 2012-2015* (MINCYT, 2012), que se estructuró a partir de la caracterización de la nanotecnología, la biotecnología y las TIC como tecnologías de propósito general (TPG) (MINCYT, 2012: 41). La noción de TPG resignificó la noción de «tecnología estratégica» que venían aplicando los actores responsables de diseñar las políticas de nanotecnología. Este plan se proponía «fomentar las interfaces» entre «un conjunto de actividades prioritarias (agroindustria, energía, salud, desarrollo social, medioambiente e industria)» y «el desarrollo científico y tecnológico en nuevas tecnologías de propósito general: nanotecnología, biotecnología y TICs» (MINCYT, 2012: 57).

Dentro del área de nanomateriales, fueron determinadas como líneas prioritarias las nanoarcillas y nanocompuestos de matriz metálica y aleaciones nanoestructuradas. Dentro de los nanointermediarios, fueron determinados los nanoencapsulados y dentro de los productos finales, fueron determinados los MEMS (sistemas micro-electro-mecánicos), dentro de nanosensores. Como resultado, en 2010 fueron aprobados ocho proyectos,<sup>7</sup> por un monto total aproximado de 30 millones de dólares incluida la contraparte. En 2012 fue aprobado un solo consorcio que recibió un monto total de \$46.500.000 –alrededor de 10 millones de dólares–, incluyendo la contraparte, focalizado en el desarrollo de nanoproduitos en sistemas Roca-Fluido, con potencial impacto en las áreas productivas de hidrocarburos convencionales y no convencionales.<sup>8</sup> Este fondo, a diferencia de los instrumentos anteriores, no buscó la generación de conocimiento en el área, sino que, desde el principio, estuvo orientado hacia proyectos con objetivos de generar soluciones a problemas sociales y productivos concretos, algo que podría definirse como *mission oriented* (Ergas, 1987).

Sin embargo, Isabel Mac Donald, que fue directora del FONARSEC en el período 2009-2017, indicó que la debilidad del programa fue que para seleccionar los temas de las convocatorias «se refirió a expertos del mundo científico»,

por lo que las áreas a desarrollar terminaron siendo las «más importantes a nivel del estado del área, no lo más importante de acuerdo al desarrollo económico argentino» y como resultado, «había áreas en las que no había quién se presentara».<sup>9</sup> Agregó que todo el programa tuvo como objetivo general:

mejorar la vinculación entre el sector público y el sector privado, de modo de producir cambios sustanciales en lo que puede ser la matriz productiva general de productos innovadores que puedan, en algún momento, irrumpir en el mercado y conseguir financiamiento.<sup>10</sup>

### **Nanoencapsulados: Plataforma tecnológica para nanotransportadores**

Para el proyecto titulado «Plataforma tecnológica para el desarrollo y producción de nanotransportadores inteligentes para fármacos» se conformó un CAPP entre el Centro de Medicina Comparada de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Litoral (UNL) por la parte pública, y dos empresas, Eriochem S.A. y Gema Biotech S.A. La dirección del proyecto estuvo a cargo del director de investigación de Eriochem, Lucio Núñez. El presupuesto adjudicado por la ANPCyT fue de alrededor de 4 millones de dólares para unos cuatro años de trabajo, dando inicio hacia fines de 2011 y finalizando a fines de 2015. Su objetivo general fue la generación de una plataforma tecnológica para el desarrollo de nanotransportadores biológicos para fármacos para ser utilizados en terapias oncológicas dirigidas, mientras que un objetivo complementario fue el establecimiento de una plataforma tecnológica para el análisis biológico integral de fármacos. Este caso es uno de los tres proyectos seleccionados por los bancos y por la ANPCyT/MINCYT como los «más exitosos» de los ocho proyectos financiados en el área de nanotecnología en 2010.

En este caso, a diferencia de otros, el impulso por llevar adelante el proyecto recayó mayoritariamente en la parte empresarial. La empresa entrerriana Eriochem fue la que tomó la iniciativa para el armado del CAPP, y su director del departamento de investigación fue quien dirigió el proyecto. Eriochem es una empresa farmacéutica que tiene su laboratorio ubicado en Paraná, Entre Ríos, y que concentra su actividad en el desarrollo y producción de genéricos oncológicos y genéricos con tecnología de valor agregado inyectables (Eriochem, 2018).

Lucio Núñez explicó que hace varios años la empresa trabaja con nanotecnología y que, al momento del lanzamiento de la convocatoria a los proyectos, se presentaron a «un proyecto de nanotecnología a raíz de lo que nosotros teníamos en ese momento: los productos microencapsulados»:

[...] nosotros teníamos mucho trabajo con un inyectable que hoy se exporta a Estados Unidos como producto terminado, también genera un coloide en forma acuosa. Y eso es nanotecnológico porque son cuestiones de 12 o 13 nanómetros [...] la nanotecnología forma parte de todo, siempre ha estado presente. El problema es que ahora hay un interés en clasificar estas cosas, como si fuesen totalmente ajenas. [...] Nosotros tenemos una visión más integradora de todo.<sup>11</sup>

Eriochem impulsó el armado del CAPP, contactando a una empresa vinculada a su actividad, Gema Biotech, y al Centro de Medicina Comparada, dependiente de CONICET y UNL, con quienes existían trabajos previos en desarrollo y evaluación de nuevos fármacos.

La empresa Gema Biotech comenzó sus actividades en 2005, dedicándose al desarrollo de biosimilares. Forma parte de un holding nacional llamado Amega Biotech, que integra a otras empresas como Zelltek y PCGEN. El responsable de este proyecto en Gema Biotech, Eduardo Orti, explicó que la «iniciativa la tomó Eriochem, claramente», existiendo previo contacto entre ambas empresas. Como resultado, en el proyecto «colaboramos con la parte que nosotros más conocemos, que es la producción de proteínas recombinantes». También existía un vínculo previo con la UNL, siendo que «teníamos vínculos con distintos ensayos biológicos con parte veterinaria». El entrevistado refirió que la propuesta les pareció «interesante para hacer una alternativa a nuestros programas tradicionales», con el «apoyo del Estado desde lo financiero y con los socios adecuados como para llevar adelante el tema», aunque aclaró que Gema Biotech no está «en el desarrollo del producto nanotecnológico», sino que participó «como colaboradores de este proyecto, con lo nuestro que son los productos biotecnológicos y farmacéuticos».<sup>12</sup>

Por su parte, el director del Centro de Medicina Comparada de la UNL, el doctor en Ciencias Biológicas Hugo Ortega refirió que el proyecto «utilizó a la nanotecnología como una herramienta, no era el fin que tuviera nanotecnología» y su grupo básicamente no tenía «experiencia en nano» y lo que hacían era «evaluar fármacos de diferente origen».<sup>13</sup>

Una vez conformado el CAPP, se puso en marcha el proyecto, cuyo objetivo era el desarrollo de nanotransportadores inteligentes para fármacos inyectables para tratamientos oncológicos, a través de la puesta en marcha de una plataforma tecnológica. Estos nanotransportadores posibilitarían que las sustancias químicas utilizadas en tratamientos oncológicos actúen principalmente sobre las células cancerosas, limitando los efectos colaterales. El rasgo innovador del proyecto se centró en la creación de dicho nanotransportador análogo de la lipoproteína de baja densidad humana (LDL), conocido

como el colesterol malo, que solubilice y transporte hasta el sitio de acción el principio activo docetaxel, posibilitando una terapia dirigida y localizada. Orti precisó que a través del proyecto se «buscaba generar unas partículas nanotecnológicas para tratamientos oncológicos que sean dirigidas específicamente a determinados tejidos» y «la parte que producía el reconocimiento ese a un receptor era una proteína que se iba a poner sobre la superficie de la nanopartícula para poder dirigirla al target adecuado»:

Sobre eso no había disponible en el mercado mundial esa proteína producida de manera industrial. Digamos que se podían conseguir pequeñas cantidades como para investigación y nada más, pero no había ni un proceso ni una disponibilidad de este producto y es lo que en nuestros laboratorios de desarrollo nosotros hacemos con los biosimilares. Es decir, generar proteínas recombinantes en una plataforma de producción industrial.<sup>14</sup>

Cada integrante del CAPP tenía una función específica. Así, mientras que Gema Biotech se encargaba de la producción de la proteína recombinante, Eriochem ensamblaba y cargaba la proteína al nano fármaco y, por último, el Centro de Medicina Comparada realizaba el testeo y la evaluación del proceso. En palabras de Orti, fue «el circuito que se había armado», pero luego «las cosas empezaron a funcionar en paralelo, porque mientras nosotros estábamos desarrollando la producción de la proteína, Eriochem ya estaba trabajando con las nanopartículas sin la proteína» y tenía que «generar nanopartículas, controlarlas, ver el tamaño, ver los sistemas de producción de nanopartículas, y en Veterinaria tenían que ir montando la estructura como para hacer los estudios». Entonces, esa estructura «se enganchó con todos los otros servicios que presta ahí el Centro de Medicina Comparada para brindarles a las empresas y a los investigadores», algo que, además, «se ha ido reforzando con otros subsidios y ha ido armando un Centro muy importante dentro del tema de los estudios en animales».<sup>15</sup>

Transcurridos los cuatro años, por un lado, se alcanzaron avances en la generación de la plataforma tecnológica para los nanotransportadores. Gema Biotech desarrolló la proteína recombinante y Eriochem logró avances en la producción del nanotransportador:

Nosotros desarrollamos un sistema de expresión en bacterias para poder expresar esa proteína y purificarla, y esa proteína nosotros la producimos. Hemos hecho lotes que seguimos produciendo y pasándole a Eriochem para que continúen con las investigaciones en la UNL [...] nuestra parte era producir esa proteína, que la produjimos y la analizamos y hacemos el control de calidad.<sup>16</sup>

Por otro lado, se generó la plataforma correspondiente a la evaluación de los nanofármacos en la UNL. Este Centro hoy por hoy brinda servicios a quien lo requiera, realizando ensayos preclínicos de medicamentos y tecnologías médicas de alto interés social, sobre todo aquellos destinados al tratamiento de enfermedades oncológicas. Según Ortega, «se creó un Centro de Excelencia, que no hay en Latinoamérica un Centro con la acreditación que tiene el nuestro»:

Es un Centro para la evaluación de fármacos, ya que no hay institutos privados en el país y hay muy poco a nivel nacional. No hay ninguno en el sector académico a nivel nacional [...]. Hace 20 años que venimos haciendo esto y actualmente se consolidó a través de este proyecto. Hubo mucho equipamiento que adquirimos a través de este proyecto [...] la parte para generar una plataforma para la evaluación de fármacos está funcionando perfectamente [...] en los últimos dos años se quintuplicó la facturación que tenía a valores constantes.<sup>17</sup>

En el caso de las farmacéuticas como Eriochem, el desarrollo de un nuevo fármaco demanda varios años y grandes montos de inversión, y su motivación para participar en un proyecto financiado por el Estado fue justamente el monto que la ANPCyT ofrecía para los proyectos de los Fondos Sectoriales. No obstante, Núñez mencionó dificultades administrativas referidas a los retrasos en los desembolsos de dinero:

Empezamos a contar con la mayoría de los recursos al año y pico. Tener el cronograma y no tener los materiales para trabajar es.... Hay cosas que se pueden hacer, pero no todo se puede hacer. Nosotros tenemos toda una infraestructura acá que nos ha ayudado enormemente. Si hubiéramos tenido que hacer un proyecto de la nada, hubiésemos estado jodidos.<sup>18</sup>

Sin embargo, y a pesar de ciertas dificultades, para los tres integrantes del CAPP la experiencia fue sumamente positiva. En el caso de las empresas, ambas destacaron que pudieron incrementar vínculos con el sector académico y trabajar de una manera dinámica, aprendizaje que se llevan para futuros proyectos. En el caso particular de Eriochem, además les sirvió para participar en otros proyectos internacionales con universidades extranjeras por montos de dinero superiores a los de los Fondos Sectoriales. Según Núñez, «nunca habíamos trabajado en forma mancomunada con, con otras empresas sí, pero con el Estado nunca» y que a pesar de «un montón de desintelencias

y demás, pudimos sobrellevar las cuestiones y trabajar con el Estado» porque «obviamente que nosotros tenemos mucha relación con la parte del sector académico, de lo que es CONICET. Tratamos de sobrellevar las cosas utilizando todos los recursos que hay».<sup>19</sup>

Por su parte, Orti añadió que incrementaron el vínculo con Eriochem y que están analizando «distintos proyectos de distintas tecnologías que pueden ser incorporadas a futuro con otros productos» y algunos en colaboración con la parte veterinaria de la UNL, y «comercialmente, obviamente es una apuesta de riesgo a largo plazo, que no implica una inversión muy grande de nuestra parte, teniendo en cuenta que hubo un apoyo estatal». En cuanto a la etapa de comercialización, si bien no fue alcanzada en los cuatro años previstos por el proyecto, Eriochem sigue trabajando para llevar estos nuevos fármacos al mercado, y Gema Biotech produce las proteínas recombinantes siempre y cuando les sean solicitadas. En palabras de Orti, «se está continuando», si bien «comercialmente todavía estamos lejos de algo, me parece positivo trabajar en algo concreto que va enfocado hacia un tratamiento específico, una cosa bien dirigida a una aplicación» y «se están testeando modelos en animales en ese sentido». Lo positivo, según Orti, es tener ese desarrollo en Argentina «que implica además el desarrollo del *know how*, de la capacitación de la gente». De llegar al mercado, Gema Biotech serían «los productores de la proteína» y su rol «sería venderle la proteína a Eriochem para que hagan la nanopartícula».<sup>20</sup>

Como resultados, el proyecto que lideró Eriochem, posibilitó la formación de recursos humanos calificados en el Centro de Medicina Comparada de la UNL, fortaleció el trabajo interdisciplinario entre las dos empresas y el grupo de investigación de una universidad pública, generó posibilidades de participación en otros proyectos y, por último, generó un Centro de evaluación de fármacos en la UNL que ya se encuentra en funcionamiento.

### **Nanomateriales: Desarrollo de nanocompuestos y aleaciones nanoestructuradas**

El proyecto titulado «Desarrollo, producción y aplicación de nanocompuestos y aleaciones nanoestructuradas» reunió en un CAPP a un grupo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA), a la Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (ADIMRA) y las empresas Essen Aluminio S.A. y CT Electromecánica SRL. De la dirección del proyecto se encargó el doctor en Ingeniería e ingeniero mecánico Fernando Audebert, perteneciente al Instituto de Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería (INTECIN) con doble dependencia UBA-CONICET, y dentro de este al Grupo de Materiales

Avanzados de la FIUBA. El presupuesto adjudicado por la ANPCyT fue alrededor de un millón y medio de dólares, para cuatro años de trabajo, dando inicio hacia fines de 2011 y debiendo finalizar a fines de 2015, aunque hacia fines de 2017 no se encontraba finalizado. Su objetivo fue desarrollar una plataforma tecnológica que acerque nuevos conocimientos y materiales para la industria metalmeccánica, proporcionando y desarrollando conocimientos sobre cada componente de la cadena de procesos de desarrollo de nanocompuestos y generando una estructura de formación de recursos humanos en nanomateriales (Rey, 2014).

Según el director del proyecto, Audebert, el desarrollo de la plataforma tecnológica requería la compra de equipamiento «para poder armar una especie de Centro Tecnológico». Por otra parte, «la formación de los recursos humanos va a venir sola porque viene con los doctorandos, viene con los estudiantes de grado, eso se va conseguir» y «el desarrollo experimental y teórico de la línea ya lo habíamos desarrollado antes como una base» que ahora «había que expandirla»:

Pero necesitas las herramientas de equipamiento que es lo que Argentina no tiene para poder hacer el desarrollo. Se planteó en función de eso el proyecto, con las empresas asociadas que eran las que iban a absorber los desarrollos para las aplicaciones [...] tener una idea o algo que sea sustentable de desarrollo en el tiempo. Porque hoy hago esta aplicación, pero voy a necesitar tener un panorama tal que tenga gente y que tenga equipamiento todos en un Centro específico de desarrollo, para que eso sea a largo plazo.<sup>21</sup>

Anteriormente, la FIUBA en un trabajo conjunto con científicos de la Universidad de Oxford en Inglaterra, lograron desarrollar una aleación de aluminio con una resistencia mecánica a altas temperaturas, que fue patentada por ambas instituciones. Con ello buscaron su implementación en ciertas aplicaciones para reemplazar el acero y el titanio, metal que logra tres o cuatro veces más resistencia mecánica a altas temperaturas, pero con menos peso (*El Cronista*, 2008). De esta manera, la FIUBA fue la institución que lideró el proyecto, definiendo los objetivos del mismo en función de sus avances y desarrollos científicos previos. Al CAPP se sumó ADIMRA y dos empresas asociadas, Essen Aluminio y CT Electromecánica.

ADIMRA, fundada en 1904, es la entidad que representa y promueve al sector metalúrgico y que agrupa a más de 60 cámaras metalúrgicas de la Argentina, que alcanzan a más de 24.000 empresas. Aunque históricamente ADIMRA funcionó como sitio de reunión de empresarios de rubros específicos

para el análisis de normas que dictaba el Gobierno y para la discusión salarial, en la década del 2000 decide expandir su rol hacia acciones relacionadas con la ciencia, la tecnología y la innovación tecnológica en el área metalúrgica (Alonso, 2015). Sobre el contacto con la FIUBA y la relación de ADIMRA con la nanotecnología, su ex director de Tecnología y Formación comentó que en el 2010 «viajamos con un empresario a Europa y ahí vimos el grado de desarrollo que tenía la nanotecnología y la aplicación que había para la industria de distinto tipo» y en ese momento, a raíz del FONARSEC, «Fernando [Audebert] viene a verme y charlamos sobre la posibilidad de formar parte de este consorcio porque hacía falta una participación público-privada». Así, ADIMRA se sumó, aunque «su participación económica fue mínima o casi nula», participando «gente del Departamento nuestro en el armado del proyecto en la búsqueda de algunos posibles empresarios».<sup>22</sup>

En cuanto a las empresas del CAPP, ambas estaban asociadas a ADIMRA. Essen Aluminio, inició como una pequeña empresa de fundición de aluminio para la fabricación de mecheros de cocina en 1954 en Santa Fe. A fines de la década del setenta, la empresa decide crear un modelo propio de una cacerola de aluminio, que unos años más tarde es lanzada al mercado. Con el correr de los años, Essen fue multiplicando su línea de productos, incorporando nuevos diseños y técnicas (Essen, 2018). El Director de Operaciones Productivas de Essen, Roberto Angelini, comentó que, previo al proyecto FONARSEC, mantenía una relación de trabajo en conjunto con el investigador Fernando Audebert, y que aparte estaba asociado a ADIMRA. En una reunión Angelini escuchó hablar de «una persona que estaba trabajando en superficies con nanotecnología» y así, empezó a «charlar con Fernando»:

Nosotros hacemos ollas, sartenes...Nuestras piezas son de una aleación de aluminio, que es una aleación de aluminio silicio a la cual en el 90% de los casos le ponemos adentro teflón, en realidad un antiadherente. [...] Pero hay una parte que nosotros todavía la comercializamos como aluminio desnudo. O sea, tal cual como sale. Y el hecho de poder contar con un recubrimiento metálico que yo vi, habíamos visto porque estuvimos mirando información, podía tener un aspecto casi tan impactante como cuando vos ves un acero inoxidable, o sea, un aspecto metálico brillante muy bueno, muy duro, e inclusive con algunas propiedades de anti-adherencia. Fernando [...] es un tipo que sabe [...] maneja la física y la física metalúrgica de una manera infernal y me entró a explicar toda esta cuestión de los cuasi cristales, la nanotecnología para aplicarlo esto, a lo otro. Y la verdad que me gustó mucho [...] empezamos a trabajar en esto.<sup>23</sup>

Angelini explicó que el trabajo fue «medio lerdo, no nos salía bien» y Audebert no estaba disponible todo el tiempo. Los dos «teníamos mucho entusiasmo, pero no lo podíamos concretar demasiado, pero por ahí andaba». Creado el FONARSEC, Essen se sumó al proyecto, pero «no logramos juntar empresas»:

Yo pensé que se iban a juntar más gente, pero es muy difícil acá que la gente arme equipos de trabajo. Es muy difícil. Yo no participé. No puedo decir «Uy, laburé». Es más, hay muchas reuniones que ni sé lo que pasó. Pero siempre hubo alguien nuestro cerca para ir siguiendo el tema. Lo que sí, estuvimos siempre dispuestos a que se hagan cosas [...] como estaba al frente Fernando, un tipo así y una inquietud así, hagámosle apoyo porque era bueno para las empresas, para el país, para todo es muy bueno. Nosotros estamos asociados a ADIMRA [...]. Pero la relación fuerte es con Fernando. Y la verdad es que yo promocioné que estuviéramos ahí por Fernando [...] Y con las otras empresas no hablé nunca.<sup>24</sup>

La empresa CT Electromecánica SRL, una PYME ubicada en Parque Chas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), fue fundada en 1973 produciendo máquinas de electroerosión manuales. Más adelante, comienza a fabricar máquinas con control numérico computarizado (CNC) y máquinas de corte por hilo. Además, comenzó con la producción de tornos CNC (CT, 2018). Sin embargo, más recientemente la empresa incursionó en la nanotecnología, llegando a fabricar nanotubos y fullerenos de carbono, que actualmente discontinuó de su línea productiva. Sobre esto el responsable de la empresa, Silvio Cechet, refirió que siempre le gustó la ciencia y que lo suyo es la física. Entonces, «un día se me ocurrió, me pareció algo interesante»:

Nosotros teníamos alguna experiencia porque le fabricamos una máquina para hacer uranio molibdeno en polvo a una universidad en Estados Unidos. De eso, nosotros descubrimos que algo de nanotubos aparecía. Y eso me llevó a hacer los equipamientos y lo vimos como un negocio [...] Nosotros por cuenta propia, sin que el Estado me ponga nada, hicimos una inversión importante para poder fabricar nanotubos y fullerenos [...] y llegamos a hacer nanotubos y fullerenos, pero la empresa necesita vender para poder subsistir. [...] sacamos fullerenos, invertimos, tenemos dos microscopios electrónicos, tenemos ultracentrífugas que las fabricábamos nosotros. Tenemos muy buen equipamiento preparado y el equipo que produce nanotubos y fullerenos. [...] Pero acá vendimos nada. Le vendimos algo a INVAP, algo a la CNEA, después le regalamos a varias personas, inclusive le dimos unos gramos a Audebert. Nunca respuesta de ninguno, nunca

podimos vender más nada. Y deshicimos todo, si no se compra no vendemos [...] el negocio necesita una contraparte porque si no te compran no existís más.<sup>25</sup>

Sobre su participación en el proyecto, comentó que fue a través de ADIMRA y que su motivación fue únicamente apoyar los desarrollos que se proponían. En ADIMRA «surgió la necesidad de hacer algún convenio con Audebert para que él crezca produciendo materiales con nanocompuestos» y dado que el proyecto necesitaba contraparte privada, CT Electromecánica se sumó, aunque «nosotros nunca recibimos dinero, no nos interesaba» y «nunca fue el objetivo recibirlo de ahí. Simplemente que el proyecto de Audebert creciera y pudiera hacer estos nanoestructurados». Así, «teóricamente, si eso funcionaba nos iban a comprar a nosotros».<sup>26</sup> Sobre esta empresa, Audebert explicó que «La idea era ver cómo desarrollar esta plataforma tecnológica de nanomateriales y nanocompuestos, aplicando también los nanotubos» y si «eso seguía como una buena ruta y la empresa de Cechet seguía adelante, él iba a participar de esto e iba a tener un producto para vender».<sup>27</sup>

Una vez conformado en CAPP, para llevar adelante la conformación del centro tecnológico de nanocompuestos y nanomateriales para la industria metalmeccánica, el director del proyecto, gestionó la generación de un centro llamado CIDIDI (Centro de Investigación, Desarrollo, Innovación y Diseño en Ingeniería), que estaría emplazado en el Centro Metropolitano de Diseño (CMD) en la localidad de Barracas de CABA. Audebert explicó que en el CIDIDI se iban a instalar los equipos y en «otra parte se iba a hacer el centro más de diseño, y complementar el diseño con la ingeniería»:

Se firmó el Convenio entre la Facultad de Ingeniería de la UBA y el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Ahí se empezó a construir el edificio, se construyó todo, los equipos tardaron en entrar [...]. Los equipos no llegaban porque el proceso de compra es muy largo en el FONARSEC con el Banco Mundial. Y se fue perdiendo espacio porque los fueron ocupando gente de Diseño porque con el que se firmó el Convenio ya no estaba más. Eso es lo que pasa cuando firmás con un Gobierno y cambió el Gobierno y las cosas se te complican. Hay otro punto de vista político detrás y bueno, se fue cayendo el CIDIDI que hoy es una oficina con una computadora y no tiene más nada. Entonces los equipos fueron quedando para otro lado [...]. Y ahora sí, se hizo un acuerdo que se firmó inicialmente por CONICET, el INTI y ahora estoy detrás de la firma entre el INTI y la UBA para poner en funcionamiento el centro de materiales avanzados en el INTI. El cual está en construcción, el INTI puso la plata y se está construyendo. Ahí van a ir los equipos. [...]. Ahí va a estar la nueva localización para desarrollar esta Plataforma Tecnológica.<sup>28</sup>

En síntesis, hacia fines de 2017 el proyecto no se encontraba finalizado, sino que faltaba adquirir parte del equipamiento planteado inicialmente, y aunque el lugar asignado para el funcionamiento del centro tecnológico se haya finalmente conseguido, las idas y venidas en este sentido generaron fuertes demoras en el proyecto. Para avanzar en la ejecución de compras de equipos pendientes, hay una serie de dificultades que el director se encargó de señalar:

El problema de políticas es algo que nos está destrozando porque en estos proyectos todo está en dólares porque tenés que comprar al exterior, se pasa a pesos y se tiene que mantener el dólar [...]. Se nos cayeron equipos por la falta de poder de compra de la moneda argentina por la devaluación del peso. [...] el retraso de los papeles hizo que no se pueda comprar todo, entonces se compró dentro del proyecto una máquina importante que era para hacer polvos. Esa está y está esperando instalarse, está tirada en el INTI en un galpón ahora. La extrusora, que es otro punto importante, no se pudo comprar que era para hacer el material en volumen [...]. La otra era para Essen que era para hacer los recubrimientos [...] tampoco alcanzó la plata. Quedó medio colgado, quedó el equipo que es lo que fabrica el material en polvo, pero no las aplicaciones.<sup>29</sup>

Según Audebert, que no se mantenga la plata en dólares «es una falencia» porque se pierde el poder de compra. En este sentido, agregó que las compras de equipos con el Banco Mundial fueron «un dolor de cabeza». Por este motivo «se cometieron errores» y «tardamos un año en hacer la licitación internacional para la compra de equipos» y «el que estaba de asistente en el Ministerio prometió más de lo que podía prometer»:

Cuando fue a realizar los papeles a la Dirección General Administrativa de Nación no lo podía hacer porque hay algo que estaba mal. Fue rechazado, se dio de baja y empezó a hacer el proceso otra vez. Entonces ahí se perdieron dos años para comprar un equipo, en dos años fijate la inflación que hubo en el valor del dólar y la empresa nos aumentó el precio también y como era público el proveedor no tenés alternativa, por lo cual perdimos poder de compra [...].<sup>30</sup>

Agregó que la «parte administrativa fue engorrosa» porque «tenía que ver mucho con las reglamentaciones del Banco Mundial». Añadió que «eso fue lo que retrasó que no se pudo hacer una compra, se tardó dos años en hacer una licitación, se perdieron fondos que se tenían para comprar los equipos». Entonces, «se dio un 20% más para poder terminar de pagar un equipo que ya está

comprado, que falta parte del pago, por lo cual administrativamente se tiene que hacer una adenda al contrato que tienen que firmar todas las autoridades»:

Para recibir ese 20% tengo que modificar cuál es la contraparte. Modifico la contraparte, firmo una adenda y después me dicen que me aceptan lo que di de contraparte, pero necesito firmar otra adenda. Complicaciones administrativas por todos lados. Con lo cual firmaron las empresas y el Rector de la UBA tiene todavía el expediente en el escritorio desde noviembre de 2016. Si no firma esta adenda [...] no podemos recibir ese 20% y entonces estamos en falta de pago con la empresa a la que se le compró el equipo. Nosotros no tenemos nada que ver. Procesos administrativos, cuestiones políticas, está todo más allá de lo que uno puede resolver [...].<sup>31</sup>

A pesar de estas falencias y dificultades que se fueron dando en el transcurso del proyecto, el trabajo entre los investigadores y las empresas no se interrumpió. Cada una de las empresas involucradas tenía un rol dentro del mismo. CT Electromecánica era la empresa proveedora de los nanotubos de carbono. Essen fue la empresa que más se involucró y logró llegar a un prototipo de producto que se encuentra en una etapa de mejoramiento para poder lanzarlo al mercado. Se trata de un recubrimiento que contiene nanocristales que logra alargar la vida útil del producto convencional. Según Audebert se debe distinguir algo que funciona de algo que funciona y lo comprenden. Explicó que la etapa que sigue es «pasar montones de reglas no sólo en Argentina sino también en otros países –qué elementos podés pasar de la olla a la cocina al alimento– hay montones de cosas de ese tipo que estamos trabajando». Estas cuestiones, agregó, «van más allá de la parte técnica».<sup>32</sup> Por su parte, Angelini, de Essen, señaló que «estamos logrando la aplicación, pero tenemos dos problemas». Por un lado, «estéticamente no nos está quedando como queremos. Hay microporosidad y cada vez que hacemos algo para que eso tenga mejor aspecto estético, se nos van de rango los costos». Entonces, «por eso estábamos viendo con INAL<sup>33</sup> [...] qué rigurosidad hay o no en el tema de la aleación que podemos usar como recubrimiento [...] estamos tratando de que sea racional la cuestión calidad-precio». El entrevistado añadió que «todo lo que hizo Essen lo hizo con Fernando, independientemente del proyecto» y que «del proyecto lo único que te puedo decir es que lo firmamos, nos gustaba que funcionara. Creo que era bueno para la ciencia de acá un aporte».<sup>34</sup>

Hacia fines de 2017 los resultados alcanzados con el proyecto incluían el desarrollo del conocimiento a través de publicaciones científicas del grupo de investigación de la FIUBA y la formación de recursos humanos calificados.

También se generaron conexiones entre el grupo de investigación con otras empresas interesadas dentro del área de la metalmecánica. En cuanto al equipamiento para el centro tecnológico, se compró sólo una parte.

Con el proyecto aún en marcha, las opiniones de los entrevistados fueron disímiles. Para la parte empresarial se trata de un fracaso por la extensión temporal del mismo. Essen atribuye este fracaso a las trabas burocráticas y administrativas:

Esto tendría que haber estado listo. A nosotros nos entusiasmaron todos los aspectos del proyecto porque estaba el nuestro específico que podía potenciarse más porque iban a estar acá funcionando equipos para aplicar y demás, iba a haber gente también investigando, y la otra parte también de la metalúrgica porque había para trabajar con materiales semisólidos, para hacer aleaciones especiales. Todo esto que también nos interesaba [...]. La verdad es que todavía no está en marcha todo esto [...] si yo debo decirte qué pasó con este proyecto, la verdad es que es un fracaso el proyecto. No es un fracaso porque no terminó. Pero tendría que estar todo avanzado y no lo está.<sup>35</sup>

Angelini agregó que fue siguiendo los avances en el proyecto y «la verdad que son estas trabas de la burocracia». Por ejemplo, «una vez era porque el Rector no quería que firmara no sé qué cosa» y «otra vez era porque no le gustaba que estuviera Fernando al frente de algo así». Luego añadió que para la empresa «no pasó nada» y que «si nos ponemos nada más que desde el 2010 a ahora, todo lo que pasó y no hay nada en marcha, creo que lo único que sigue un poquito más vivo es lo que estamos haciendo nosotros con Fernando individualmente», pero como proyecto «no sé si lo puedo llamar como fracaso, sé que lo que esperamos que ocurriera, no ocurrió y es una pena porque el aporte técnico está».<sup>36</sup>

CT Electromecánica, al discontinuar su producción de los nanotubos de carbono, perdió contacto y ni siquiera continuó realizando el seguimiento del estado del proyecto, aunque añadió que «no esperaba recibir nada, conmigo no es que incumplieron» y «Por ese lado no tengo ninguna queja porque yo no recibí nada ni esperaba nada. Punto. Simplemente presté el nombre para que se pudiera armar. Y si eso funcionaba, yo vendía mis nanotubos»:

[...] a mí me parece que el país necesita tener investigadores que creen cosas buenas, lo que pasa es que los tiempos no se cumplen. Vos fijate que este proyecto dura 3 o 4 años y no se concluye. No avanza. El mundo corre a 120 kilómetros por hora y nosotros vamos a pie. Nunca los vamos a alcanzar con estos cambios.<sup>37</sup>

En cambio, para ADIMRA el éxito del proyecto reside en el acercamiento de la posibilidad de implementar la nanotecnología a las numerosas empresas asociadas a ADIMRA:

Yo creo que el proyecto fue exitoso [...] desde mi punto de vista, fue exitoso. Desde el punto de vista de decir a cuántas empresas favorecieron, desde ese punto, no [...]. Eso en todo caso tiene que ser una génesis de algo que empieza. Yo me ubico en el hemisferio ADIMRA y cuando alguien me hable de nanotecnología que no mire para otro lado. Que sepa que existe, que sepa que hay expertos en el tema [...] que existe la posibilidad de hacer este tipo de emprendimientos [...]. Es un producto que tiene que ver con el vínculo, con la posibilidad de hacer desarrollos, con el conocimiento.<sup>38</sup>

Para el director del proyecto, la motivación para participar en el mismo fue la posibilidad de adquirir equipamiento nuevo, problema que caracteriza al sistema científico argentino:

Más allá de los proyectos en sí mismos, por lo menos en mi caso, no conseguí un Consorcio porque había un proyecto. Sino que yo tenía un Consorcio y lo presenté a un proyecto. [...] Es decir, la investigación, el desarrollo de lo que uno hace, los conocimientos, los contactos con las empresas y todo eso, uno ya lo tiene como investigador porque es un métier en el que yo estoy trabajando. Lo que se necesita, de parte del Estado y que es lo uno no puede hacer, es la contribución de fondos para la compra de equipamiento y facilitar el desarrollo de los proyectos. Sobre todo, en Argentina que no tenemos equipamiento básicamente, hay muy poco, se hizo mucho en los últimos años, pero falta un montón realmente.<sup>39</sup>

En resumen, hacia fines de 2017 el proyecto no se encontraba finalizado y su objetivo de generar una plataforma tecnológica estaba lejos de lograrse. Si bien se avanzó en la generación de conocimientos nuevos en la temática y se formaron recursos humanos, la parte fundamental que son los equipos, según Audebert, aún estaba incompleta y el lugar físico de la plataforma, si bien se había definido, no se encontraba en funcionamiento.

## Discusión

Los dos casos presentados muestran las dinámicas que se ponen en marcha al momento de la ejecución de los instrumentos de política científica y tecnológica. El proyecto de nanocompuestos y aleaciones nanoestructuradas es un

caso testigo que visibiliza las enormes dificultades en el plano administrativo y burocrático, como las demoras en la compra de equipos, los trámites necesarios para llevar a cabo esas compras y el atraso del peso respecto al dólar, lo que hace que se pierda poder de compra. Las dificultades en este plano fueron tan grandes que el proyecto se extendió en su tiempo de ejecución, previsto para cuatro años, y hacia fines de 2017 no tenía todo el equipamiento necesario y la conformación de la plataforma tecnológica, objetivo del proyecto, parecía muy lejano. Otra característica relevante de este caso es que fue la parte pública la que impulsó y lideró el CAPP y las empresas que se sumaron tuvieron una escasa participación. La empresa que más se involucró, Essen, tampoco tuvo gran una participación –su motivación para participar estuvo en apoyar al investigador y generar un nuevo producto para su línea productiva, que se llegó a desarrollar pero, por cuestiones comerciales y requerimiento de mercado, por el momento no se comercializa– y CT Electromecánica participó solamente con la esperanza de llegar a vender sus nanotubos de carbono, aunque no se involucró de manera sostenida y hacia fines de 2017 ni siquiera seguía al tanto del estado del proyecto. Por su parte, el director del proyecto, Audebert, declaró que su motivación para conformar el CAPP fue la adquisición de equipamiento, que, si bien se contempla dentro de los FONARSEC, no era su objetivo principal, que es el desarrollo de nuevos productos que tengan como base la nanotecnología.

El segundo proyecto presentado, «Plataforma tecnológica para el desarrollo y producción de nanotransportadores inteligentes para fármacos», es un caso atípico dado que los proyectos sectoriales en nanotecnología tuvieron, en la mayoría de los casos, un líder perteneciente a la parte pública, mientras que en este caso fue una empresa la que lideró el CAPP. Fue esta empresa la que llevó adelante el proyecto, siguiendo un objetivo propio, que fue el desarrollo de un nanotransportador para medicamentos oncológicos. Durante el proyecto, las tres partes –dos empresas y un instituto de investigación– trabajaron sinérgicamente y, pese a las dificultades en el plano burocrático, y este finalizó con resultados prometedores para Eriochem, que actualmente sigue trabajando para llevar al mercado el fármaco generado. Por otro lado, para la parte pública, el resultado fue la conformación de una plataforma tecnológica para el análisis biológico integral de fármacos, que cumple con normas internacionales de calidad. En suma, este proyecto alcanzó los objetivos que se había propuesto inicialmente, siendo además uno de los tres proyectos seleccionados como exitosos por el Banco Mundial y por el BID. En este sentido, funcionó como un proyecto *mission oriented*, que partió desde un objetivo concreto de una empresa privada, cuya motivación fue llegar al

mercado, mientras que el proyecto de nanocompuestos fue moldeado por la parte pública y donde las empresas tuvieron escasa participación y que, además, tuvo como objetivo equipar a los laboratorios e institutos públicos que conformaron este CAPP.

En el siguiente cuadro se pueden apreciar las características destacables de los dos casos de estudio y sus resultados, incorporando las variables más importantes como fortalezas y debilidades:

	<b>Caso 1: Plataforma tecnológica para nanotransportadores</b>	<b>Caso 2: Desarrollo de nanocompuestos y aleaciones nanoestructuradas</b>
<b>Monto Asignado</b>	4 millones de dólares	1 millón y medio de dólares
<b>CAPP</b>	Centro de Medicina Comparada (UNL), Eriochem y Gema Biotech	FIUBA, ADIMRA, Essen Aluminio y CT Electromecánica
<b>Objetivo</b>	Generación de una plataforma tecnológica para el desarrollo de nanotransportadores biológicos para fármacos para ser utilizados en terapias oncológicas dirigidas y el establecimiento de una plataforma tecnológica para el análisis biológico integral de fármacos	Desarrollar una plataforma tecnológica para acercar conocimientos y materiales para la industria metalmeccánica, proporcionando y desarrollando conocimientos sobre cada componente de la cadena de procesos de desarrollo de nanocompuestos y generando una estructura de formación de recursos humanos en nanomateriales
<b>Dificultades</b>	Problemas de demoras en el desembolso de dinero	Problemas de demoras en las compras de equipos y las licitaciones internacionales, impactos de la devaluación e inflación en el presupuesto del proyecto
<b>Fortalezas</b>	Fortalecimiento del trabajo interdisciplinario entre las empresas y el sector académico, formación de recursos humanos calificados en el Centro de Medicina Comparada, generación de posibilidades de participación en otros proyectos y la conformación de un Centro de evaluación de fármacos en la UNL	Avances en la generación de conocimientos nuevos en la temática, publicación de artículos científicos y formación de recursos humanos, generación de conexiones entre el grupo de investigación con otras empresas interesadas dentro del área de la metalmeccánica
<b>Resultados</b>	Desarrollo de la proteína recombinante, avances en la producción del nanotransportador y generación de la plataforma para evaluación de nanofármacos en la UNL	Desarrollo de un prototipo de producto que se encuentra en una etapa de mejoramiento para poder lanzarlo al mercado, adquisición de una parte del equipamiento contemplado inicialmente y la obtención del lugar físico para la plataforma tecnológica

Teniendo en cuenta el tipo de dificultades que atravesaron estos dos proyectos presentados, es importante destacar que todos los proyectos atravesaron dificultades en su implementación basadas en una escasa capacidad de planificación y definición de temáticas, la ausencia de seguimiento y evaluación de los proyectos y una escasa retroalimentación entre el diseño e implementación de los programas. Por parte de los beneficiarios de los proyectos, las críticas se resumen en las trabas administrativas en el desembolso del dinero y en los lentos procesos de compra de equipamiento científico y tecnológico y en las recurrentes devaluaciones de la moneda argentina, que impactaron en los tiempos de ejecución de los proyectos negativamente. Las serias dificultades administrativas que afrontaron la mayoría de los proyectos derivaron en una extensión de los tiempos de ejecución –originalmente contemplados en cuatro años– y, en algunos casos, a la interrupción del proyecto.

En cuanto a las fortalezas de los FONARSEC se incluye: (i) la realización de congresos, la producción de tesis doctorales y la publicación de artículos científicos; (ii) la formación de recursos humanos especializados; (iii) la apertura de nuevas líneas de investigación; (iv) la adquisición de equipamiento científico-tecnológico e industrial para las instituciones públicas y, en algunos casos, para las empresas; (v) el fortalecimiento del trabajo interdisciplinario entre investigadores y, en algunos casos, investigadores y empresarios; (vi) el patentamiento de algunos desarrollos en el marco de los proyectos; (vii) el diseño y la instalación de plantas pilotos de producción industrial; y (viii) la creación de una empresa de base tecnológica de capital nacional.

Ahora bien, la mayor falencia del FONARSEC fue su desvinculación de la etapa de escalamiento industrial y comercialización de los productos desarrollados en el marco de los proyectos. Los proyectos se propusieron como objetivo generar innovación científico-tecnológica que debía traducirse en posibilidades concretas de transferencia a la industria nacional. Sin embargo, la etapa de escalado industrial y comercialización estuvo explícitamente excluida del financiamiento del fondo y ninguno de los nueve proyectos de nanotecnología logró posicionar un producto innovador en el mercado, aunque en muchos casos se llegó al desarrollo de un prototipo industrial. Así, el instrumento fue diseñado sin considerar la realidad empresarial, al no contemplar cómo se lograrían insertar los prototipos desarrollados en los procesos productivos de las empresas, proceso que demanda fuertes inversiones adicionales.

Aunque en general existió una escasa participación empresarial en el proceso de desarrollo de los prototipos de los productos, siendo los beneficiarios principales del instrumento los grupos de investigación pertenecientes a instituciones públicas de ciencia y tecnología, desde el MINCYT/ANPCYT algunos

entrevistados argumentaron que no corresponde apoyar esta etapa desde un Ministerio de Ciencia y Tecnología, cuyo objetivo es apoyar la innovación productiva, agregando que otros ministerios deberían encargarse de ello. Pese a ello, la directora del FONARSEC señaló que el «fracaso» de los proyectos estuvo en el escalado de los productos, «porque las empresas vinculadas no tienen capital suficiente para la continuidad, para escalar el producto». Y agregó que los «problemas de escala en Argentina son gravísimos, porque al ser una economía basada tanto en un sistema de PYMES, las PYMES por sí mismas es difícil que adquieran capacidades de escala para exportar a otros países». <sup>40</sup> Sin embargo, al analizar si fueron articuladas líneas de financiamiento entre el MINCYT y el Ministerio de Industria, por ejemplo, que incluyeran temáticas similares a las del FONARSEC, se puede ver que existió una desconexión entre las ofertas de subsidios y créditos entre los distintos ministerios del país. Por ejemplo, en 2010 el Ministerio de Industria abrió la convocatoria para el Programa de Financiamiento Productivo del Bicentenario, que otorga financiamiento para proyectos de inversión, pero los mismos no estaban conectados con los fondos para la innovación tecnológica del MINCYT, resultando imposible presentar un mismo proyecto en ambos lugares. En este sentido, el diseño y la ejecución del FONARSEC descuidó la realidad empresarial nacional, al no contemplar la forma en que las empresas iban a escalar el prototipo a desarrollar.

Contrariamente a la visión de los entrevistados, según la literatura sobre el surgimiento y desarrollo de las TPG, es responsabilidad del Estado financiar la comercialización de productos y/o procesos innovadores. Así, en los países centrales el Estado es el actor que financia el desarrollo de nuevas tecnologías y toma la iniciativa en el impulso de nuevos mercados, acompañando todo el proceso con inversión ingente, paciente, a riesgo y de largo plazo, que sea capaz de promover y allanar el camino a las innovaciones tecnológicas radicales como son las TPG (Mazzucato, 2013; Ruttan 2008), incluyendo especialmente la etapa de comercialización (Mazzucato, 2013: 19). De esta manera, en los países centrales, y especialmente en Estados Unidos, el Estado se encargó históricamente de impulsar programas de inversión pública masiva con el objetivo de construir ecosistemas de innovación capaces de sostener entramados productivos y mercados globales de estructura oligopólica en los sectores más dinámicos del comercio mundial (Block, 2008; Mazzucato, 2013). Por lo cual, la ausencia del Estado argentino en las etapas de escalado industrial de los prototipos desarrollados constituye un punto crucial que evidencia que la nanotecnología en el caso argentino no fue gestionada como una TPG, a pesar de estar caracterizada bajo ese enfoque en los documentos oficiales.

Ahora bien, los FONARSEC contaron con una reducida participación empre-

sarial en su etapa de desarrollo y, en general, en el transcurso del proyecto en su totalidad, salvo algunas excepciones. En referencia a este punto, entendido como una falencia del FONARSEC, dado que uno de los objetivos de este instrumento era lograr, precisamente, la vinculación entre el sector de investigación y el productivo, Mac Donald comentó que la participación de empresas nacionales en procesos de innovación en general es baja, pero que en el caso de nanotecnología el problema se vio magnificado por la propia escasez de empresas que estuvieran trabajando con nanotecnología al momento del lanzamiento de las convocatorias. Entonces, a la convocatoria «llegó el sector científico primero» y «salieron a cazar empresas» y, como consecuencia, «en muchos casos les vendieron un mundo dorado que no era tal». Por lo cual:

las empresas que se presentaron fueron aquellas a las que les vendieron alegremente el proyecto y que podrían llegar a tener algún interés en utilizar algún insumo de tecnología nano. Pero empresas de nanotecnología no hay ahora y, en su momento, menos.<sup>41</sup>

En este punto se pone en evidencia un rasgo que atraviesa a la economía argentina y que dificulta la absorción de los desarrollos científico-tecnológicos por el sector productivo, que se puede caracterizar como una matriz productiva conformada por sectores de baja intensidad tecnológica que, por lo general, no generan demandas tecnológicas, y una escasa inversión en I+D del empresariado argentino. Este escenario se replica también en lo que refiere a la nanotecnología, que se agrava aún más teniendo en cuenta que la nanotecnología comenzó a ser incentivada caracterizada como un área de vacancia con una lógica enfocada más en la nanociencia que en la nanotecnología. Así, según Mac Donald, lo que generó el FONARSEC fue un aprendizaje en cuanto a experiencias de trabajo consorciadas entre el sector público y el privado, como «primer esbozo de vinculación real entre el sector empresario y el sector de conocimiento», generando impactos a nivel de «casos testigos, casos exitosos, así como puntuales», si bien explica que «todavía no hemos logrado la construcción de modelos» y tampoco se cuenta con «productos escalados».<sup>42</sup> En este sentido, los proyectos con mayor impacto fueron aquellos donde hubo un mayor involucramiento empresarial.

## Conclusiones

En primer lugar, las políticas de promoción a la nanotecnología en el período analizado (2003-2015) se caracterizaron por sucesivas reformulaciones, expli-

cadadas por la ausencia de diagnósticos capaces de dimensionar las capacidades públicas de gestión de la nanotecnología y las potencialidades del sector productivo para asimilar esta nueva área. Estas reformulaciones pueden verse en las conceptualizaciones de la nanotecnología como área de vacancia, tecnología estratégica y, finalmente, como TPG. Ahora bien, los resultados alcanzados a la fecha muestran, sin embargo, la ausencia de criterios en la adopción de la noción de TPG, trasplantada sin mediación de las economías centrales, donde las inversiones en nanotecnología son dos órdenes de magnitud mayor que en la Argentina y las capacidades organizacionales e institucionales de gestión de las tecnologías son inconmensurables.<sup>43</sup>

Además, en la evolución de las políticas para la nanotecnología se observa un desdoblamiento entre el discurso empleado en los documentos oficiales y la ejecución de las políticas.<sup>44</sup> Mientras que el discurso indicaba que las inversiones en nanotecnología debían enfocarse en aumentar la competitividad de la economía (SECYT, 2006; MINCYT, 2012), la política tecnológica se concentró mayormente en la generación de recursos de financiamiento para actividades de investigación y desarrollo –como la formación de recursos humanos y, en menor medida, la adquisición de equipamiento científico y tecnológico– que excluyeron de sus prioridades la necesidad de avanzar en la coordinación de políticas públicas a nivel interministerial, así como en actividades de diagnóstico, prospectiva, revisión de marcos regulatorios y generación de capacidades ausentes en tópicos como cadenas de valor, escalado o estrategias de comercialización –aspecto visible en los FONARSEC–, todas condiciones que deberían acompañar la decisión de asimilar una nueva TPG en su etapa de irrupción.

En segundo lugar, es posible hablar de procesos de aprendizaje y de impacto a nivel de casos testigos. En este sentido, los FONARSEC deben ser entendidos como parte de un proceso de evolución de las políticas de ciencia y tecnología y de un proceso de aprendizaje institucional. El objetivo general que se propuso el FONARSEC, como iniciativa novedosa en materia de política científico-tecnológica, fue incentivar la vinculación entre el sector público de investigación y el sector productivo. Se trata de un objetivo sumamente ambicioso, si se tiene en cuenta que ya desde la década de 1960 y 1970 los exponentes del Programa de Estudios sobre el Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Desarrollo (PLACTED) llamaron la atención sobre la desvinculación existente entre la «infraestructura científico-técnica» y la «estructura productiva», en palabras de Sabato (2004), problema estructural que persiste en la actualidad en nuestro país. Considerando esta dificultad histórica, mediante el financiamiento de algunos proyectos que promovieron

la conformación de alianzas público-privadas, claramente no era de esperar que el FONARSEC resolviera un problema de esta escala, por lo que, el principal logro de este instrumento fue comenzar a abonar el terreno en materia de vinculación público-privada, generando procesos de aprendizaje en este sentido.

En suma, esta primera experiencia en la conformación de alianzas público-privadas presentó serias deficiencias operativas y de gestión, visibles principalmente en el plano administrativo y burocrático. En este sentido, existieron eslabones que no fueron considerados en el diseño del instrumento, aquellos relativos a la gestión de los proyectos, como los tiempos que demandan los procesos de adjudicación del dinero, la compra de equipamiento científico-tecnológico, y el impacto que produce en estos los procesos de devaluación e inflación que caracterizaron la economía argentina. Además, el principal objetivo del instrumento, que era introducir un desarrollo tecnológico en el mercado, no se logró en ninguno de los nueve proyectos en nanotecnología. Sin embargo, los FONARSEC posibilitaron avances de magnitud en términos de acumulación de capacidades y aprendizaje traducidas en la creación de plataformas tecnológicas en base a las cuales se impulsó: (i) la formación de recursos humanos calificados; (ii) la adquisición y *know how* sobre cómo operar equipamiento científico-tecnológico de alta complejidad operativa; (iii) el afianzamiento de los vínculos entre el sector científico-tecnológico y el sector privado; (iv) el trabajo interdisciplinario; (v) la obtención de prototipos; (vi) la instalación de plantas piloto industriales; y (vii) la creación de spin offs de capital nacional.

Aunque, hablar de procesos de aprendizaje supone una continuidad de políticas públicas y una estabilidad de las instituciones. Sin embargo, el MINCYT fue degradado a Secretaría y el presupuesto aprobado para CyT para 2019 mostró el tercer recorte drástico consecutivo en el presupuesto nacional anual.<sup>45</sup> Este panorama es acompañado por un proceso acelerado de desindustrialización que tiene como manifestación el cierre de alrededor de 7500 PyMEs en el período 2016-2018. Es decir, las condiciones de contexto que hicieron posible el análisis presentado en este trabajo se encuentran en proceso acelerado de transformación.

Finalmente, es importante señalar que en la historia de la tecnología argentina no existe un solo caso que se puede identificar como TPG en términos de su impacto transversal sobre sectores de la economía local. Por el contrario, los procesos de desarrollo tecnológico que se pueden considerar exitosos no siguieron una trayectoria de generación de conocimiento en una nueva tecnología en estadio de irrupción y tampoco se propusieron innovar en la *frontera tecnológica*, sino que se orientaron a poner en marcha procesos de aprendizaje

y acumulación incremental de capacidades tecnológicas y organizacionales, de diseño y articulación institucional, además de avanzar en estrategias de enraizamiento hacia otros ámbitos del Estado y del sector empresarial, apuntando a un desarrollo tecnológico sectorial con metas específicas. En los casos en que se alcanzó la frontera tecnológica, como podría ser el caso de los reactores nucleares de investigación, lo que se observa son procesos de escalamiento tecnológico y acortamiento de la brecha (Hurtado, 2014).

En contraste con este caso, la política tecnológica que impulsó la SECYT y luego el MINCYT, buscando desarrollar una tecnología de frontera como la nanotecnología, partió de nociones como tecnologías estratégicas y tecnologías de propósito general, orientaciones que no produjeron impactos apreciables en la competitividad económica del país. La estrategia de financiar la nanotecnología como gran área de conocimiento sin definir nichos ni líneas temáticas precisas de demanda de nanotecnología disipó la inversión en ciencia básica y algunos programas de ciencias aplicadas. En este sentido, la trayectoria de la nanotecnología en la Argentina muestra que, además de utilizar un enfoque concebido en base a otras realidades socioeconómicas, las debilidades en materia de políticas se concentran en las capacidades deficientes de gestión de la tecnología, que se manifiestan en el diseño de políticas. Como corolarios, se puede observar el desconocimiento de las capacidades y potencialidades del sector productivo para asimilar la nanotecnología y la falta de coordinación con la política industrial. A modo de síntesis, el caso de la nanotecnología se suma a las evidencias de que el problema del cambio tecnológico en la Argentina tiene su principal debilidad en las capacidades organizacionales e institucionales de gestión de la tecnología. En cuanto al enfoque de TPG, se sugiere su desplazamiento del centro de gravedad, redimensionando la necesidad de la nanotecnología a una trayectoria evolutiva específica, capaz de definir nichos precisos de demanda, llevando a cabo proyectos acotados a necesidades determinadas y orientados a misiones (*mission oriented*).

## Notas

1. En agosto de 2000, en Estados Unidos se formaliza la *National Nanotechnology Initiative* (NNI) como parte del diseño de una red compleja de organizaciones donde intervienen múltiples agencias, que fue acompañada por financiamiento público creciente (NNI, 2006: 29-30). Los fondos pasaron de 255 millones de dólares en 1999, a 464 millones en 2001 y a 1781 millones en 2010, «una de las mayores inversiones del gobierno [norteamericano] en tecnología desde el programa Apolo» (Motoyama et al., 2011, p. 110). Acumulativamente, la NNI recibió un total de más de 25.000 millones de dólares

- desde su inicio en 2001 hasta 2017 (NSTC, 2017). [« VOLVER](#)
2. Sobre el impulso de la nanotecnología en América Latina, puede verse: Foladori et al. (2012); Invernizzi et al. (2014) y Foladori (2016). [« VOLVER](#)
  3. Decreto 380, *Boletín Oficial* 30.643 del 29 de abril de 2005. [« VOLVER](#)
  4. El Decreto 380/2005 era contrario al Artículo 12 de la Ley 25.467 del 2001, de creación de la ANPCyT (Senado y Cámara de Diputados de la Nación, 2005). [« VOLVER](#)
  5. Este plan, incluía a la nanotecnología en varias áreas definidas como «estratégicas» (SECYT, 2006: 17), por lo que, en adelante, la nanotecnología es configurada desde las políticas como una «tecnología estratégica». [« VOLVER](#)
  6. Los dos centros fueron el Centro Interdisciplinario de Nanociencia y Nanotecnología (CINN) –donde participaron la UBA, el CONICET y la CNEA por el sector público, y las empresas INVAP, Nanotek, Darmex y B&W de implantes dentales– y el Nodo Nanotec –donde participaron la CNEA, la CONAE, el INTI, la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), la Universidad Nacional del Sur (UNS) y la Universidad Austral (UA), por el sector público, y las empresas Laboratorio Craveri y Aupet–. [« VOLVER](#)
  7. Los proyectos financiados pueden, verse en: <http://www.agencia.mincyt.gov.ar/archivo/1099/fonarsec/res03-11-fs-nano2010-financiados>. (Consultado el 21/05/2015). [« VOLVER](#)
  8. El proyecto financiado puede verse en: <http://www.agencia.mincyt.gov.ar/archivo/1470/fonarsec/res454-12-nanotecnologia-sist-roca-fluida>. (Consultado el 18/01/2015). [« VOLVER](#)
  9. Comunicación con Isabel Mac Donald, 22 de marzo de 2018. [« VOLVER](#)
  10. Comunicación con Isabel Mac Donald, 15 de junio de 2017. [« VOLVER](#)
  11. Comunicación con Lucio Núñez, 17 de mayo de 2017. [« VOLVER](#)
  12. Comunicación con Eduardo Orti, 4 de diciembre de 2017. [« VOLVER](#)
  13. Comunicación con Hugo Ortega, 28 de junio de 2017. [« VOLVER](#)
  14. Comunicación con Eduardo Orti, 4 de diciembre de 2017. [« VOLVER](#)
  15. Comunicación con Eduardo Orti, 4 de diciembre de 2017. [« VOLVER](#)
  16. Comunicación con Eduardo Orti, 4 de diciembre de 2017. [« VOLVER](#)
  17. Comunicación con Hugo Ortega, 28 de junio de 2017. [« VOLVER](#)
  18. Comunicación con Lucio Núñez, 17 de mayo de 2017. [« VOLVER](#)
  19. Comunicación con Lucio Núñez, 17 de mayo de 2017. [« VOLVER](#)
  20. Comunicación con Eduardo Orti, 4 de diciembre de 2017. [« VOLVER](#)
  21. Comunicación con Fernando Audebert, 28 de julio de 2017. [« VOLVER](#)
  22. Comunicación con Julio Bermant, 31 de julio de 2017. [« VOLVER](#)
  23. Comunicación con Roberto Angelini, 7 de agosto de 2017. [« VOLVER](#)
  24. Comunicación con Roberto Angelini, 7 de agosto de 2017. [« VOLVER](#)
  25. Comunicación con Silvio Cechet, 19 de julio de 2017. [« VOLVER](#)
  26. Comunicación con Silvio Cechet, 19 de julio de 2017. [« VOLVER](#)

27. Comunicación con Fernando Audebert, 28 de julio de 2017. [«« VOLVER](#)
28. Comunicación con Fernando Audebert, 28 de julio de 2017. [«« VOLVER](#)
29. Comunicación con Fernando Audebert, 28 de julio de 2017. [«« VOLVER](#)
30. Comunicación con Fernando Audebert, 28 de julio de 2017. [«« VOLVER](#)
31. Comunicación con Fernando Audebert, 28 de julio de 2017. [«« VOLVER](#)
32. Comunicación con Fernando Audebert, 28 de julio de 2017. [«« VOLVER](#)
33. El Instituto Nacional de Alimentos (INAL) funciona en el ámbito de la Administración Nacional de Medicamentos y Tecnología Médica (ANMAT) y se encarga de garantizar y certificar alimentos para el consumo humano, así como también productos de uso doméstico y materiales en contacto con alimentos. [«« VOLVER](#)
34. Comunicación con Roberto Angelini, 7 de agosto de 2017. [«« VOLVER](#)
35. Comunicación con Roberto Angelini, 7 de agosto de 2017. [«« VOLVER](#)
36. Comunicación con Roberto Angelini, 7 de agosto de 2017. [«« VOLVER](#)
37. Comunicación con Silvio Cechet, 19 de julio de 2017. [«« VOLVER](#)
38. Comunicación con Julio Bermant, 31 de julio de 2017. [«« VOLVER](#)
39. Comunicación con Fernando Audebert, 28 de julio de 2017. [«« VOLVER](#)
40. Comunicación con Isabel Mac Donald, 22 de marzo de 2018. [«« VOLVER](#)
41. Comunicación con Isabel Mac Donald, 15 de junio de 2017. [«« VOLVER](#)
42. Comunicación con Isabel Mac Donald, 15 de junio de 2017. [«« VOLVER](#)
43. La inversión pública total en nanotecnología realizada por Argentina en el período 2006-2011 podría estimarse en 50 millones de dólares (Salvarezza, 2011: 18-19), lo que supone un promedio de 10 millones de dólares anuales. En Estados Unidos la NNI pasó de 255 millones de dólares en 1999 a 464 millones en 2001, alcanzando los 1781 millones en 2010 (Motoyama et al., 2011). Hacia 2018 la NNI recibió 1200 millones (NSTC, 2017). [«« VOLVER](#)
44. Con «discurso» nos referimos a las metas y objetivos que se explicitaron en los instrumentos de política que fueron implementados para promover la nanotecnología, mientras que con «práctica» nos referimos a las acciones concretas impulsadas por las políticas. [«« VOLVER](#)
45. En septiembre de 2018 el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MINTeC) fue disuelto, volviendo a ser una Secretaría y pasando a depender del Ministerio de Educación y no del Poder Ejecutivo Nacional directamente, lo que implica una pérdida en el rango jerárquico. Entre otras cuestiones se pierde autonomía, independencia presupuestaria y peso simbólico. [«« VOLVER](#)

## Referencias Bibliográficas

- ALONSO, M. (2015). Juan Carlos Lascurain: El rol que cumplíamos era muy pequeño, *TSS*, 6 de agosto de 2015. Disponible en: <http://www.unsam.edu.ar/tss/juan-carlos-lascurain-el-rol-que-cumpliamos-era-muy-pequeno/>. [Consultado el 16/02/2018].
- ANDRINI, L.; Figueroa, S. (2008). Governmental encouragement of nanosciences and nanotechnologies in Argentina. En G. Foladori, y N. Invernizzi (Eds.). *Nanotechnology in Latin America* (pp. 27-39). Berlin: Karl Dietz Verlag Berlin.
- APPELBAUM, R.; Parker, R.; Cao, C.; Gereffi, G. (2011). China's (Not So Hidden) Developmental State: Becoming a Leading Nanotechnology Innovator in the Twenty-First Century. En F. Block y M. Keller (Eds.). *State of Innovation. The U.S. Government's Role in Technology Development* (pp. 217-235). Londres: Routledge.
- BET (2009). *Nanotecnología*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Disponible en: <http://www.mincyt.gob.ar/agenda/boletín-estadístico-tecnológico-bet-nanotecnología-8023>. [Consultado el 18/02/2016].
- BLOCK, F. (2008). Swimming Against the Current: The Rise of a Hidden Developmental State in the United State. *Politics & Society*, (10), 1-38.
- BRESNAHAN, T.; Trajtenberg, M. (1995 [1992]). General Purpose Technologies: «Engines of Growth»? *Journal of Econometrics*. (1), 83-108.
- CHASE-DUNN, C.; Reifer, T. (2002). US Hegemony and Biotechnology: The Geopolitics of New Lead Technology. *Institute for Research on World Systems*, Universidad de California. Disponible en: <http://irows.ucr.edu/papers/irows9/irows9.htm>. [Consultado el 22/11/2015].
- CT ELECTROMÉCANICA (2018). Disponible en: [http://www.ctarg.com.ar/index\\_es.htm](http://www.ctarg.com.ar/index_es.htm). [Consultado el 27/07/2018].
- DECRETO N.º 380/2005. Creación de la FAN.
- DEL BELLO, J.C. (2014). Argentina: experiencias de transformación de la institucionalidad pública de apoyo a la innovación y al desarrollo tecnológico. En G. Rivas y S. Rovira (Eds.), *Nuevas instituciones para la innovación. Prácticas y experiencias en América Latina* (pp. 35-78). Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- DELGADO RAMOS, 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*. (27), 164-181.
- DIARIO OFICIAL DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2002). Decisión No 1513/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 27 de junio de 2002. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002D1513&from=ES>. [Consultado el 11/05/2015].
- EL CRONISTA (2008). Un aluminio duro como el acero, 24 de julio de 2008. Disponible en: <https://www.cronista.com/impresageneral/Un-aluminio-duro-como-el-acero-20080724-0003.html>. [Consultado el 16/02/2018]
- EL LITORAL (2005). Polémica millonaria por la nanotecnología, 23 de mayo. Disponible en: <http://www.ellitoral.com/index.php/>

- [diarios/2005/05/23/politica/POLI-04.html](http://diarios/2005/05/23/politica/POLI-04.html). [Consultado el 8/05/2015].
- ERGAS, H. (1987). Does technology policy matter?. En B. Guile y H. Brooks (Eds.), *Technology and Global Industry: Companies and Nations in the World Economy* (pp. 191-245). Washington, DC: National Academy Press.
- ERIOCHEM (2018). Disponible en: <http://www.eriochem.com.ar/es/index.php>. [Consultado el 27/07/2018].
- ESSEN (2018). Quienes somos. Disponible en: <https://www.essen.com.ar/nosotros/>. [Consultado el 27/07/2018].
- EVANS, P. (1979). *Dependent Development. The Alliance of Multinational, State, and Local Capital in Brazil*. Nueva Jersey: Princeton University Press.
- FOLADORI, G. (2016). Políticas públicas en nanotecnología en América Latina. *Revista Problemas del Desarrollo*. (47), 59-81.
- FOLADORI, G.; Invernizzi, N. (2013). Inequality gaps in nanotechnology development in Latin America. *Journal of Arts and Humanities*. (3), 35-45.
- FOLADORI, G.; Figueroa, S.; Záyago-Lau, E.; Invernizzi, N. (2012). Características distintivas del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina. *Sociologías*. (30), 330-363.
- FOLADORI, G.; Rushton, M.; Záyago-Lau, E. (2008). Center of Educational Excellence: Nanotechnology: The Proposed World Bank Scientific Millennium Initiatives and Nanotechnology in Latin America. En: A. Barrañón (Ed.). *New Nanotechnology Developments* (pp. 31-39). Nueva York: Nova Science Publishers.
- FS NANO (2010). Bases Convocatoria Fondo Sectorial de NANOTECNOLOGIA. Disponible en: [http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/Bases\\_FSNano\\_2010.pdf](http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/Bases_FSNano_2010.pdf). [Consultado el 4/07/2018].
- FS NANO (2012). Bases de la Convocatoria Fondo Sectorial de NANOTECNOLOGIA. Disponible en: <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/BASES-FSNano-Roca-Fluido.pdf>. [Consultado el 4/07/2018].
- HALL, T.; Chase-Dunn, C. (2006). Global Social Change in the Long Run. En C. Chase-Dunn y S. Babones (eds.): *Global Social Change. Historical and Comparative Perspectives* (pp. 33-58). Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- HURTADO, D. (2014). *El sueño de la Argentina atómica. Política, tecnología nuclear y desarrollo nacional (1945-2006)*. Buenos Aires: Edhasa.
- HURTADO, D.; Souza, P. (2018). Geoeconomic Uses of Global Warming: The «Green» Technological Revolution and the Role of the Semi-Periphery. *Journal of World-System Review*. (1), 123-150.
- HURTADO, D.; LUGONES, M.; SURTAYEVA, S. (2017). Tecnologías de propósito general y políticas tecnológicas en la semiperiferia: el caso de la nanotecnología en la Argentina. *Revista Iberoamericana de CTS*. (34), 65-93.
- INVERNIZZI, N.; HUBERT, M.; VINCK, D. (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 *Beyond Imported Magic. Essays on Science, Technology and Society in Latin America* (pp. 1-27). Cambridge, Mass: MIT Press.
- LENGYEL, M.; Aggio, C.; Erbes, A.; Milesi, D.; Gil Abinader, L.; Beccaria, A. (2014). *Asociatividad*

- dad para la innovación con alto impacto. *Congruencia de objetivos entre las áreas programática y operativa de los Fondos Sectoriales*. Buenos Aires: CIECTI, MINCYT.
- MAZZUCATO, M. (2013). *The Entrepreneurial State. Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Londres: Anthem Press.
- MINCYT (2012). *Argentina Innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Lineamientos Estratégicos 2012-2015*. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Disponible en: <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/022/0000022576.pdf>. [Consultado el 20/6/2015].
- MOTOTAMA, Y., Appelbaum, R.; Parker, R. (2011). The National Nanotechnology Initiative: Federal support for science and technology, or hidden industrial policy? *Technology in Society*. (33), 109-118.
- NNI. (2006). *A Matter of Size: Triennial Review of the National Nanotechnology Initiative*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- NSCT (2017). *The National Nanotechnology Initiative: Supplement to the President's 2018 Budget*. November 2017.
- PAV (2004a). Bases Convocatoria PAV 2003. Disponible en: [http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/pav2003\\_bases.pdf](http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/pav2003_bases.pdf). [Consultado el 4/07/2018].
- \_\_\_\_\_ (2004b). Proyectos Tipo II (Redes) - Financiados. Disponible en: [http://www.agencia2012.mincyt.gob.ar/IMG/pdf/pav2004\\_financiados\\_tipo\\_II.pdf](http://www.agencia2012.mincyt.gob.ar/IMG/pdf/pav2004_financiados_tipo_II.pdf). [Consultado 11/05/2015].
- REY, F. (2014). Nanotecnología para pymes, TSS, 13 de mayo. Disponible en: <http://www.unsam.edu.ar/tss/nanotecnologia-para-pymes/>. [Consultado el 16/02/2018].
- RUTTAN, V. (2006). *Is War Necessary for Economic Growth? Military Procurement and Technology Development*. Oxford: Oxford University Press.
- RUTTAN, V. (2008). *General Purpose Technology, revolutionary technology, and technological maturity*. University of Minnesota.
- SABATO, J. (2004). *Ensayos en Campera*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- SALVAREZZA, R. (2011). Situación de la difusión de la nanociencia y la nanotecnología en Argentina. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*. (2), 18-21.
- SECyT (2006). *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación «Bicentenario» (2006-2010)*. Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Disponible en: [www.mincyt.gob.ar/post/descargar.php?idAdjuntoArchivo=22513](http://www.mincyt.gob.ar/post/descargar.php?idAdjuntoArchivo=22513). [Consultado el 25/05/2015].
- SENADO Y CÁMARA DE DIPUTADOS DE LA NACIÓN (2005). *Proyecto de Ley Marco para el Plan Nacional Estratégico de Desarrollo de Micro y Nanotecnologías*. Comisión de Ciencia y Tecnología. Disponible en: <http://www1.hcdn.gov.ar/dependencias/ccytecnologia/proy/3.279-D.-05.htm>. [Consultado el 25/05/2015].
- VILA SEOANE, M. (2011). *Nanotecnología: su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial. Tesis de maestría, Instituto de Desarrollo Económico y Social, Grupo Redes, Universidad Nacional de General Sarmiento*.
- WALLERSTEIN, I. (1976). *Semi-Peripheral Countries and the Contemporary World Crisis. Theory and Society*. (4), 461-483.