

Política tecnológica en Argentina: los Fondos Argentinos Sectoriales en el caso de la nanotecnología

Sofya Surtayeva¹

Recibido: 18/02/2021; Aceptado: 05/05/2021

Cómo citar: Surtayeva, S. (2021). Política tecnológica en Argentina: los Fondos Argentinos Sectoriales en el caso de la nanotecnología. *Revista Hipertextos*, 9 (15), 157-181. DOI: <https://doi.org/10.24215/23143924e033>

Resumen. Las políticas para impulsar el cambio tecnológico constituyen un complejo desafío para los países latinoamericanos. En Argentina, a diferencia de los países desarrollados, las políticas de ciencia y tecnología (CyT) fueron influenciadas por una lógica basada en la oferta de conocimientos proveniente del sector académico. Esto se tradujo en la promoción de políticas horizontales: formación de recursos calificados en CyT, creación de infraestructura CyT y financiamiento de proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D). Esta tendencia reforzó las debilidades estatales para el diseño e implementación de políticas orientadas a misiones enraizadas en problemas de relevancia socioeconómica. Las políticas de promoción a la nanotecnología, en el caso argentino, fueron estructuradas inicialmente bajo el enfoque de políticas horizontales. Ahora bien, los Fondos Argentinos Sectoriales (FONARSEC) fueron un instrumento de política novedoso, que buscó romper con esta tendencia al financiar proyectos para generar plataformas tecnológicas que generen innovaciones científico-tecnológicas y, en los cuales, se requeriría una fuerte participación empresarial. Este artículo se centra en el análisis del FONARSEC, para lo cual se estudian dos proyectos nanotecnológicos, buscando determinar sus fortalezas y debilidades.

Palabras clave: nanotecnología, políticas orientadas a misiones, FONARSEC

Sumario. 1. Introducción. 2. Nanotecnología y Fondos Argentinos Sectoriales. 3. Obtención de nanoarcillas a partir de bentonitas patagónicas para su aplicación en nanocompuestos. 4. NanoAR. 5. Discusión.

Technological policy in Argentina: the Argentine Sectorial Funds in the case of nanotechnology

Abstract. Policies to promote technological change constitute a complex challenge for Latin American countries. In Argentina, unlike developed countries, science and technology (S&T) policies were influenced by a logic based on the supply of knowledge from the academic sector. This translated into the promotion of horizontal policies: training of qualified resources in S&T, creation of S&T infrastructure and financing of Research and Development (R&D) projects. This trend reinforced state weaknesses for the design and implementation of mission-oriented policies embedded in problems of socio-economic

¹ Doctora en Ciencias Sociales y Humanas y becaria postdoctoral con lugar de trabajo en la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), Centro Babini. Contacto: Sofya.Surtayeva@gmail.com

relevance. Policies to promote nanotechnology, in Argentine case, were initially structured under the horizontal policy approach. However, the Argentine Sectorial Funds (FONARSEC) were a novel policy instrument, which sought to break with this trend by financing projects to generate technological platforms that generate scientific and technological innovations and, in which, it was required strong business participation. This article focuses on the analysis of FONARSEC, through the study of two nanotechnological projects, seeking to determine their strengths and weaknesses.

Keywords: nanotechnology, mission-oriented policies, FONARSEC

Política tecnológica na Argentina: os fundos setoriais argentinos no caso da nanotecnologia

Resumo. As políticas de promoção da mudança tecnológica constituem um desafio complexo para os países latino-americanos. Na Argentina, ao contrário dos países desenvolvidos, as políticas de ciência e tecnologia (C&T) foram influenciadas por uma lógica baseada na oferta de conhecimento do setor acadêmico. Isso se traduziu na promoção de políticas horizontais: formação de recursos qualificados em C&T, criação de infraestrutura de C&T e financiamento de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Essa tendência reforçou as fraquezas do Estado para a formulação e implementação de políticas orientadas para a missão, enraizadas em problemas de relevância socioeconômica. As políticas de fomento à nanotecnologia, no caso argentino, foram inicialmente estruturadas sob o enfoque da política horizontal. Já os Fundos Setoriais Argentinos (FONARSEC) foram um novo instrumento de política, que buscou romper com essa tendência financiando projetos de geração de plataformas tecnológicas que gerassem inovações científico-tecnológicas e nos quais fosse necessária uma forte participação empresarial. Este artigo se concentra na análise do FONARSEC, para o qual são estudados dois projetos de nanotecnologia, buscando determinar seus pontos fortes e fracos.

Palavras-chave: nanotecnologia, políticas orientadas para a missão, FONARSEC

1. Introducción

A nivel mundial, en los 80s la política de CyT se desplazó desde iniciativas horizontales dirigidas a fortalecer la infraestructura y las capacidades científico-tecnológicas de los países, hacia iniciativas focalizadas en sectores y tecnologías de interés especial, dando lugar a lo que se conoce como políticas orientadas a misiones -en inglés *mission oriented policies*-. Estas políticas se caracterizan por impulsar proyectos tecnológicos estratégicos orientados por un objetivo. Se trata de políticas sistémicas que coordinan y ejecutan una gran diversidad de instrumentos financieros y no financieros a través de los cuales el Estado vincula actores públicos y privados para el desarrollo de sectores, tecnologías y mercados, según objetivos estratégicos (Ergas, 1987; Peres y Primi, 2009; Mazzucato, 2013; Mazzucato, 2014).

Las posibilidades de un país para definir e implementar estas políticas dependen del contexto y de las capacidades y lógicas que en éste subyacen al diseño y gestión de los vínculos entre ciencia-tecnología-industria y desarrollo socioeconómico (Carrizo, 2019). Así, mientras que los países desarrollados llevaron a cabo políticas orientadas a misiones, guiadas por una lógica enfocada en aplicar la tecnología a la resolución de problemas prácticos en sectores socioeconómicamente estratégicos y centralizada en la acción estatal, en los países en vías de desarrollo, a excepción de ciertos “bolsones de eficiencia” (Evans, 1995) como el sector aeronáutico en Brasil y el nuclear en Argentina,² primó una lógica académica basada en la oferta de conocimientos, que alimentó la promoción sistémica de políticas horizontales. La continuidad de esta tendencia derivó en debilidades estatales para el diseño e implementación de políticas focalizadas en sectores y tecnologías estratégicas y políticas orientadas a misiones enraizadas en problemas de relevancia socioeconómica para la región (Carrizo, 2019).

En Latinoamérica, este problema se agrava por la desvinculación de las actividades de CyT con las realidades socioeconómicas (Herrera, 1995; Varsavsky; 2006; Sabato; 2004). Así, a diferencia de los países desarrollados, que supieron vincular sus actividades de I+D con sectores estratégicos para su desarrollo socioeconómico, en países en desarrollo como Argentina o Brasil, que presentan ciertas capacidades industriales y tecnológicas, los procesos de “desarrollo dependiente”, en términos de Evans (1979), desdibujan el rol del Estado en la producción de conocimiento, y sus ciclos recurrentes de inestabilidad política, económica y social, explican en buena medida la “desconexión” de las actividades de CyT con las realidades socioeconómicas locales (Carrizo, 2019).

Un ejemplo de la aplicación de políticas horizontales en los países en desarrollo es el de la nanotecnología en Argentina, donde las políticas se concentraron mayormente en la generación de recursos de financiamiento para actividades de I+D y los resultados fueron la formación de recursos humanos calificados en CyT y el reforzamiento de la infraestructura en CyT a través de la adquisición de equipamiento para los centros de investigación. No obstante, las prioridades de las políticas excluyeron la necesidad de avanzar en la coordinación de políticas públicas a nivel interministerial, así como la organización de actividades de diagnóstico, prospectiva, revisión de marcos regulatorios y generación de capacidades en tópicos como cadenas de valor, escalado o estrategias de comercialización (Surtayeva, 2019).

² Según Evans (1996), la “autonomía enraizada” refiere a un Estado con un grado relativo de autonomía entre las agencias que intervienen en la implementación una política y cierto grado de enraizamiento con grupos sociales con los cuales se comparte un proyecto de transformación. Dado que no siempre se dan casos de tipo ideal, para los casos “intermedios”, Evans habla de la presencia de “bolsones de eficiencia” dentro del Estado (Evans, 1995).

Sin embargo, los Fondos Argentinos Sectoriales (FONARSEC), creados en 2009, cuyo objetivo general fue vincular al sector científico con el productivo -a través de proyectos consorciados entre el sector de investigación y el empresario- y que financió nueve proyectos de nanotecnología en 2010 y 2012, poseen características del tipo de política tecnológica *mission oriented*, dada su focalización a objetivos específicos. Los FONARSEC fueron creados como un recurso estratégico para resolver el problema de la escasa vinculación entre las actividades de CyT con las necesidades del desarrollo económico y social. Su objetivo era promover la producción de innovaciones en laboratorios públicos orientadas a mejorar la calidad de vida de las personas y la competitividad de las empresas locales al producir cambios en el perfil productivo de los bienes y servicios. Este fondo no buscó la generación de conocimiento en el área, sino que estuvo orientado hacia proyectos con objetivos de generar soluciones a problemas sociales y productivos concretos (Surtayeva, 2019).

Partiendo de esta base, el artículo se centra en el análisis del FONARSEC, para lo cual se estudian dos proyectos en el área de nanotecnología, buscando determinar las fortalezas y debilidades de este instrumento de política. El abordaje de este instrumento de política científica y tecnológica, que excede a las tecnologías digitales como las TICs, permite avanzar en la comprensión de cómo mejorar el desempeño de las políticas tecnológicas en contexto latinoamericano, generando aprendizajes en este sentido. Se adoptó una metodología de tipo cualitativa con dos estudios de casos apoyados en entrevistas a actores claves y otras fuentes secundarias -notas de divulgación y/o publicaciones científicas pertinentes, reglamentaciones y notas periodísticas-.

2. Nanotecnología y Fondos Argentinos Sectoriales

La nanotecnología fue percibida como la próxima tecnología de frontera que prolongará el ciclo de hegemonía de los países desarrollados al sostener e impulsar su competitividad económica y productiva (Motoyama *et al.*, 2011; Appelbaum *et al.*, 2011; Roco, 2017; Hurtado *et al.*, 2017).³ La iniciativa nacional de nanotecnología estadounidense -*National Nanotechnology Initiative (NNI)*- constituye un ejemplo de cómo una nueva tecnología de frontera es seleccionada para traccionar el crecimiento económico de un país y perpetuar su hegemonía a través de políticas tecnológicas. La orientación marcó un salto de escala en el financiamiento de esta nueva tecnología (Motoyama *et al.* 2011; Appelbaum *et al.*, 2011).⁴ Buscando emular este patrón, otros países -desarrollados y en desarrollo- se sumaron a la tendencia de promoción de la nanotecnología.

Las primeras iniciativas de promoción de la nanotecnología en Latinoamérica fueron impulsadas por el discurso de algunos organismos internacionales, como el Banco Mundial (BM) 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,

³ En su momento, la máquina de vapor, la electricidad y los semiconductores fueron tecnologías de frontera. Estas tecnologías tienen un profundo impacto en el crecimiento de las economías en su totalidad por su capacidad de penetración y dinamismo tecnológico en un gran segmento de productos existentes o potenciales.

⁴ La NNI forma parte del diseño de una red de organizaciones donde intervienen múltiples agencias, que fue acompañada por financiamiento público creciente (NNI, 2006, p.29-30). Acumulativamente, la NNI recibió un total de más de 25.000 millones de dólares desde su inicio en 2001 hasta 2017 (NSTC, 2017).

México y Argentina concentran la mayor parte de las actividades en nanotecnología. Sin embargo, si bien en su retórica oficial 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 las economías centrales (Delgado, 2007, p.173; Foladori e Invernizzi, 2013, p.37).⁵

Argentina comienza a dar los primeros impulsos en materia de políticas públicas para desarrollar capacidades tecnológicas en nanotecnología entre 2004 y 2005. Las primeras iniciativas estuvieron impulsadas por la comunidad científica y orientadas a la nanociencia, es decir, desvinculadas de demandas sociales o productivas locales. La influencia de una lógica basada en la oferta de conocimientos proveniente del sector académico se tradujo en la promoción de políticas horizontales, que generaron como resultados más destacables la formación de recursos calificados en CyT, creación y reforzamiento de la infraestructura CyT y financiamiento de proyectos de I+D desconectados de demandas productivas.⁶

Esta tendencia se mantiene hasta el 2009, año de creación del FONARSEC, nuevo fondo de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), bajo la esfera del Ministerio Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT), que iba a financiar proyectos para generar plataformas tecnológicas en nanotecnología en tres áreas seleccionadas como prioritarias: nanoarcillas, aleaciones nanoestructuradas y nanocompuestos de matriz metálica, nanoencapsulados y MEMS (sistemas micro-electro-mecánicos) con un tope máximo de alrededor de 30 millones de dólares en aportes no reintegrables por proyecto (FSNano, 2010).⁷ Al programa sólo podían aplicar “consorcios asociativos público-privados” (CAPP), figura jurídica que formalizaba la sociedad entre instituciones públicas y empresas para impulsar emprendimientos tecnológicos conjuntos. Las empresas debían contribuir con al menos un 20% del costo total del proyecto (Lengyel *et al.*, 2014, p.4-5) y los proyectos debían generar innovaciones científico-tecnológicas con posibilidades concretas de transferencia. Así, FONARSEC financiaría exclusivamente proyectos de investigación aplicada, desarrollo tecnológico y/o transferencia de tecnologías, quedando explícitamente fuera de su alcance la investigación básica (Lengyel *et al.*, 2014; Surtayeva, 2019).

Como resultado, en 2010 fueron aprobados ocho proyectos, por un total aproximado de 30 millones de dólares incluida la contraparte.⁸ En 2012 fue aprobado un solo consorcio que recibió alrededor de 10 millones de dólares, incluyendo la contraparte, focalizado en el desarrollo de nanoproductos en sistemas Roca-Fluido, con potencial impacto en hidrocarburos convencionales y no convencionales.⁹ El FONARSEC no buscó la generación de conocimiento en el área, sino que estuvo orientado hacia proyectos con objetivos de generar soluciones a problemas sociales y productivos concretos, algo que posee características *mission oriented*. Sin

⁵ Sobre el impulso de la nanotecnología en Latinoamérica, puede verse Invernizzi *et al.* (2014) y Foladori (2016).

⁶ Sobre la trayectoria de las políticas de promoción a la nanotecnología en Argentina entre el 2003 y 2018 ver Hurtado *et al.* (2017), Surtayeva (2019) y Surtayeva (en prensa). Asimismo, sobre el desarrollo de las políticas de nanotecnología en nuestro país ver Andrini y Figueroa (2008); Hubert y Spivak (2009); García *et al.* (2012); Vila Seoane (2011; 2014); Carrozza y Brieva (2017); Foladori y Carrozza (2017); Lugones y Osycka (2018).

⁷ El FONARSEC fue parcialmente financiado por el BM y por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

⁸ Los proyectos financiados pueden verse en: <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/archivo/1099/fonarsec/res03-11-fsnano2010-financiados>. Consultado el 18/01/2015.

⁹ El proyecto financiado puede verse en: <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/archivo/1470/fonarsec/res454-12-nanotecnologia-sist-roca-fluida>. Consultado el 18/01/2015.

embargo, Isabel Mac Donald, directora del FONARSEC entre 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” (Comunicación con Mac Donald, 22/03/2018).

A continuación, se presentan dos proyectos de la línea de nanoarcillas y se delinean sus principales características, con foco en sus fortalezas y debilidades, describiendo sus objetivos iniciales, su ejecución y resultados. Las nanoarcillas fueron determinadas como temática prioritaria porque Argentina posee arcillas con características particulares que se comercializan sin ningún valor agregado y son la base para el desarrollo de productos con nuevas propiedades en industrias automotrices, de electrodomésticos y de la construcción, por dar algunos ejemplos.

3. Obtención de nanoarcillas a partir de bentonitas patagónicas para su aplicación en nanocompuestos

El proyecto “Obtención de nanoarcillas a partir de bentonitas patagónicas para su aplicación en nanocompuestos”, involucró un CAPP compuesto por el Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica (CETMIC) dependiente de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y CONICET, el Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (3iA) de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), por la parte pública. Por la parte privada, participaron dos empresas, Alloys SRL y Castiglioni, Pes y Cía SA. La doctora en Ciencias Químicas, Rosa Torres Sánchez, investigadora del CETMIC, quedó a cargo de la dirección del proyecto. El presupuesto adjudicado por la ANPCyT fue alrededor de 2 millones de dólares, con una contraparte de 600.000 dólares para cuatro años de trabajo, dando inicio hacia fines del 2011 y debiendo finalizar a fines de 2015, aunque se extendió un año más y finalizó en 2016.

Su objetivo general fue el desarrollo de nanoarcillas a partir de una arcilla de grano muy fino - la bentonita- a través de modificaciones químicas, físicas y/o biológicas, para su utilización en dos líneas de aplicación concretas: el desarrollo de nuevos materiales poliméricos y en la remediación ambiental. Para ello, se contempló el diseño, la construcción y puesta en marcha de dos plantas piloto. Una destinada a la producción de nanocompuestos poliméricos y la otra para la retención de contaminantes orgánicos y metales en suelos y aguas (MINCyT, 2013).¹⁰

3.1. Conformación del CAPP

La conformación del CAPP siguió criterios de experiencias de trabajos previos. El CETMIC contaba con experiencia en materiales cerámicos, refractarios y aplicaciones tecnológicas de arcillas, y realización de trabajos en conjunto con la industria. El 3iA contaba con experiencia transdisciplinar entre física, química y biología fusionadas a la gestión ambiental. Estas dos

¹⁰ Las nanoarcillas presentan diversas aplicaciones industriales. Por ejemplo, en la industria automotriz se desarrollan compuestos de un material polimérico cargado de nanoarcillas para reducir el peso de las piezas plásticas utilizadas en el montaje de los automóviles. En la agricultura, las nanoarcillas pueden ser utilizadas para la descontaminación de aguas contaminadas con tiabendazol, empleado como conservante en la industria alimentaria y fungicida de frutas. Las frutas son sumergidas a piletones donde son rociadas con fungicidas, lo que genera efluentes contaminados que son vertidos a canales y ríos (MINCyT, 2013).

instituciones anteriormente habían trabajado en conjunto en el desarrollo de un Proyecto de Investigación Científica y Tecnológica (PICT), que consistió en la obtención de filtros cerámicos con actividad fotocatalítica para purificar agua y bio-arcillas para retener uranio (MINCyT, 2013).

Torres relató que trabajó en coloides, sustancias que al encontrarse con un líquido se dispersan poco a poco, por ejemplo, espuma de afeitar, niebla, gelatina, entre otros, que “son un tamaño un poquito mayor que los nano”. Entonces, “entre los coloides están las arcillas montmorillonita, que son de estructura laminar, en una de sus tres dimensiones son nano”:

Lo que se intenta es separarlas en esa dimensión nano, que son las laminitas independientes. En la naturaleza esas laminitas están apiladas, cada una con su espesor es nano. Ese apilamiento, con las laminitas una arriba de la otra, termina siendo del orden casi de los micrones [...] Nosotros las queremos separar para poder aplicar esas laminitas dispersadas individualmente en polímeros, lo cual los refuerza mecánicamente y en otras aplicaciones (Comunicación con Torres, 03/07/2017).

Existen varios tipos de arcillas, pero las nanoarcillas se obtienen de la familia esmectita y las más utilizadas como materia prima son la montmorillonita y la bentonita. Una empresa argentina dedicada a la extracción, producción y exportación de bentonita es Castiglioni, Pes y Cía. Creada en 1930, su planta industrial se ubica en Cinco Saltos, provincia de Río Negro y posee un equipo de 60 personas entre profesionales, técnicos y empleados. Previo al proyecto FONARSEC, Castiglioni era el proveedor de arcillas del CETMIC, existiendo así una relación entre esta empresa y una de las partes públicas del CAPP. Cuando surge la posibilidad de presentarse a los proyectos, el CETMIC convoca a Castiglioni a participar. En palabras del Director Ejecutivo de Castiglioni, Edgardo García Molinari, “la cosa empezó cuando la doctora Torres nos pidió muestras”. Varios investigadores del CONICET estaban haciendo estudios con bentonitas y Torres tenía “dos o tres becarios que estaban estudiando el tema”. Entonces, al abrir la convocatoria, el CETMIC buscó a Castiglioni como contraparte privada, que “más que nada lo hicimos como una cosa de desarrollar algo nuevo, pero la parte que hacíamos nosotros eran algunas cosas en nuestro laboratorio y básicamente el aporte del mineral” (Comunicación con García Molinari, 31/05/2017).

La participación de Castiglioni durante el proyecto consistió en proveer el material. Como el entrevistado reconoce, su rol fue proveer el material, pero sin interés en lo que se hacía con éste, los avances e incluso los resultados del proyecto:

Esto para comparártelo, ¿vos conoces todo lo que son los revestimientos de piedras? Eso es como si le dijeras a un tipo de esos ‘A ver qué podemos hacer con pedacitos de piedra para hacer alguna cosa chica’ [...] y él tipo te dice ‘tomá la piedra y hace lo que quieras’. Es un poco así [...]. Así que eso fue un poco la participación nuestra en el proyecto [...] y si vos me preguntás hoy en qué está, no tengo la menor idea [...] (Comunicación con García Molinari, 31/05/2017).

Torres confirmó el tipo de participación de Castiglioni al sostener que ella “tenía las arcillas súper caracterizadas de Castiglioni” y había notado que “estas arcillas eran las que mejores condiciones tenían para ser usadas”. Refiriéndose a Molinari, explicó que “Enseguida visualizó que había una aplicación, darle valor agregado a las arcillas que él comercializa” (Comunicación con Torres, 03/07/2017).

Por su parte, la empresa Alloys tuvo una participación más activa en el CAPP. Creada en 1992, cuya planta de fabricación se encuentra en Barracas (CABA), Alloys participa en el rubro

de compuestos plásticos de ingeniería y desarrolla aplicaciones para industrias como la eléctrica, construcción, automotriz, nuclear, electrodomésticos, agro, etc. Estos compuestos son a medida de las necesidades de los clientes y se logran a través de la extrusión reactiva –proceso productivo que emplea una extrusora como reactor químico, unificando el proceso de reacción y de mezclado de los plásticos en una única etapa, permitiendo mejorar el desempeño de los plásticos y obtener productos fabricados a medida mejorando la interacción entre los plásticos y los aditivos incorporados-, que fue desarrollado por la empresa en 1994 en el marco de un proyecto en conjunto con científicos. Esta innovación fue utilizada por la empresa para generar modificaciones químicas a los plásticos convencionales.

Raúl De Micheli, socio fundador, explicó que este proceso fue la innovación más grande de la empresa, aunque en los dos primeros años luego de finalizado el proyecto con los investigadores, “no quedó nada, pero después resurgimos con la extrusión reactiva y nos dio de comer durante 15 años. [...] O sea, que tiene un tiempo de inducción” (Comunicación con De Micheli, 15/09/2017).

La relación entre Alloys y el CETMIC también es previa a la conformación del FONARSEC, ya que en 2008 el CETMIC prestó servicios tecnológicos a la empresa. Se trató de un contrato para la realización de un tratamiento de arcillas que posteriormente pudieran ser incorporadas a los plásticos, una temática semejante a lo que luego sería el FONARSEC.

En principio, el CETMIC pensó integrar al CAPP al Centro de Plásticos del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) pero finalmente no se concretó por cuestiones burocráticas. Sin embargo, el Centro de Plásticos participó de manera informal, aportando sus servicios en el área de plásticos. Fue a través del INTI que Alloys se integró al proyecto. Desde 2003, el CETMIC venía trabajando con el INTI y el proyecto FONARSEC surgió “porque INTI tiene en cada uno de los centros una relación con el empresariado” con quienes se organizan reuniones informativas. Según Torres, dado que “uno de los gerentes de Alloys [De Micheli] es ex INTI, es decir que es un científico, entonces por eso también fue más fácil” su integración. En una de las reuniones entre el INTI con empresarios se planteó el uso de las arcillas “como soporte de algunas cosas [...] y que se vislumbraban de poner en los plásticos”. Entre los investigadores del CETMIC y el INTI habían escrito un artículo científico donde utilizaban arcillas comerciales compradas en Estados Unidos puestas en un plástico. De esa forma, “medimos las características y vimos como mejoraba la resistencia y demás”. En ese momento, los investigadores, junto con De Micheli, se plantearon la manera de utilizar arcillas nacionales para generar desarrollos, además “dándole valor agregado a minerales que tenemos en el país”. Así, “el proyecto se inició por eso” (Comunicación con Torres, 03/07/2017).

3.2. Desarrollo del proyecto

Al iniciar, el proyecto se separó en dos grandes áreas. Una fue el desarrollo de nuevos materiales poliméricos utilizando nanoarcillas, que luego se subdividió en otras áreas, una de las cuales consistió en dotar de capacidad ignífuga a estos materiales. La otra involucraba el uso de nanoarcillas en remediación ambiental. Como explicó Torres, las arcillas tienen una estructura laminar, cada una de las cuales están en la dimensión nano (entre 1 y 100 nanómetros) y la separación de esas laminas fue el eje de la parte técnica del proyecto, ya que las mismas dispersadas individualmente abren un espectro de aplicaciones.

En la aplicación de nanoarcillas en polímeros, Torres explicó que “Hoy en día en el mundo todavía no se pudo lograr exfoliar las arcillas”, por lo cual, en el proyecto “avanzamos en todo lo que pudimos principalmente en la caracterización de la inclusión de las nanoarcillas en polímeros”. Para este fin -producción de nanocompuestos poliméricos- fue diseñada e instalada una planta piloto en Alloys, que puede ser utilizada para otras aplicaciones. En la puesta a punto de las órgano-arcillas que desarrollaba el CETMIC también estuvo trabajando el Centro de Plásticos del INTI. Esto incluía la parte de mediciones mecánicas y la duración de las órgano-arcillas para ponerlas en polímeros y, posteriormente, poder utilizarlo en la planta piloto en Alloys (Comunicación con Torres, 03/07/2017).

No obstante, pese a no lograr la exfoliación de las arcillas –separación de las laminitas-, se lograron avances en la sub-área concerniente a la generación de capacidad ignífuga en algunos polímeros, en concreto, en un producto plástico para cables. Se trata de un producto plástico que minimiza que los cables se prendan fuego y, en caso de hacerlo, evita la emanación de gases tóxicos. En esta aplicación se encuentra trabajando Alloys, tratando de llegar al mercado. Según De Micheli, del proyecto “quedaron dos cosas firmes”, una de las cuales es el producto plástico mencionado y la otra “es la utilización de nanoarcillas para remediar el ambiente” (Comunicación con De Micheli, 15/09/2017). Sobre el producto plástico para cables, comentó que existe una serie de inconvenientes económicos que lo hacen demasiado caro como para ser comercializado.

Por otro lado, en la utilización de nanoarcillas como absorbentes en remediación ambiental, se realizaron avances científicos, que incluyen tesis doctorales y publicaciones científicas, y también en aplicación tecnológica. Sin una exfoliación completa de las arcillas, las laminitas separadas, cambian algunas condiciones de las arcillas iniciales y pueden ser utilizadas en descontaminación. En este sentido, Torres explicó que en una tesis se logró “retener algunos contaminantes con solo las arcillas” y “lo limitamos al tratamiento de efluentes contaminados puntuales”. El foco fueron “las plantas de empaque de frutas del Alto Valle de Río Negro” que en su proceso productivo generan efluentes contaminados (Comunicación con Torres, 03/07/2017). Ante la ausencia de legislación en cuanto al vertido de aguas con elementos contaminantes a los ríos, los industriales no tienen necesidad ni incentivos en tratar esos efluentes. El CETMIC había logrado retener fungicidas en las arcillas, pero ese proceso, a su vez, generaba arcillas contaminadas. Es decir que el agua quedaba más limpia, pero la contaminación pasaba a las arcillas:

[...] pensamos utilizar las órgano-arcillas, es decir arcillas con sus laminitas separadas por laminas sin estar exfoliadas [...] estas órgano-arcillas retienen menos cantidad de fungicidas que la arcilla sola. Pero permitiría por otra reacción (desorción), liberar el fungicida y dejar la órgano-arcilla libre para una posterior retención de fungicida. Entonces lo que planteamos en este proyecto era, aunque reduzcamos la cantidad de fungicida por gramo de órgano-arcilla, si después lo podemos separar queda otra vez esa órgano-arcilla libre que se puede reutilizar. Entonces no se acumula el material contaminado y libera el efluente industrial de los fungicidas. En este tema tuvimos bastante éxito (Comunicación con Torres, 03/07/2017).

En esta parte del proyecto, el CETMIC trabajó en conjunto con el 3iA-UNSAM. Estos lograron desarrollar un sistema que reemplazó las órgano-arcillas -las bio-arcillas-, que fueron complementadas con un proceso de fotocatalisis:

En visitas a las plantas de empaque, con el Dr. Gustavo Curutchet [que trabaja con microorganismos en el 3iA], vimos que se podían sacar microorganismos que habían podido crecer en esos piletones de efluentes a pH muy ácido y reproducirlos para poner esos microorganismos adsorbidos en la arcilla y entonces usar ese nuevo sistema, que denominamos bio-arcilla, en lugar de usar la órgano-arcilla para retener el fungicida. Las bio-arcillas nos permitieron retener con más éxito los fungicidas que se aplican y planear otro tratamiento de remediación. Las bio-arcillas se aplicaron con fotocátalisis, tema de experiencia del Dr. Roberto Candal [del 3iA]. Entonces vimos que si hacíamos el tratamiento con bio-arcilla y lo que quedaba lo tratábamos por fotocátalisis, lográbamos completamente liberar esa bio-arcilla y destruir el fungicida [...] lo que hacíamos era, primero generar los microorganismos, adsorberlos en la arcilla y después de un tiempo de equilibrio se retiene parte de los fungicidas y sobreviene la aplicación de fotocátalisis. [...] Científicamente logramos nuestro objetivo, y económicamente a nivel de planta piloto también es viable (Comunicación con Torres, 03/07/2017).

La planta piloto mencionada se instaló en la UNSAM. En cuanto a su utilización, en medio del proyecto se realizó un acuerdo, aunque no oficial, con una planta de empaquetamiento de frutas del Alto Valle de Río Negro. Dicha planta se mostró interesada en la descontaminación de agua debido al comercio de sus frutas en el mercado europeo, que exige demostrar la rastreabilidad de todo tipo de contaminante que haya sido utilizado en la producción. No obstante, la utilización no se llevó a cabo a consecuencia del repliegue de la industria argentina ante el cierre de algunas plantas de empaque en el sur del país. En palabras de Torres, “nuestra planta piloto quedó armada, pero sin posibilidad de venderla a nadie porque la economía tiene que levantar primero para que las empresas se interesen en hacer un gasto en mejoras, cuando la legislación todavía no les impide seguir tirando el agua”. Entonces, “eso está parado, pero está listo para ser usado” (Comunicación con Torres, 03/07/2017). De Micheli agregó que poseen todos los conocimientos técnicos necesarios, pero “captar fungicidas” es “algo que la economía no está acompañando”. Reflexionó que en algún momento podrían llegar a aplicar esta tecnología (Comunicación con De Micheli, 15/09/2017).

En cuanto al rol empresarial, Castiglioni fue una parte fundamental en el proyecto, siendo el proveedor de la bentonita, pese a no haberse involucrado en la realización del mismo. En contraste, Alloys tuvo mayor participación técnica y financiera que Castiglioni. Las órgano-arcillas que obtenía el CETMIC, eran sometidas a un proceso de modificación química y física en la planta piloto en Alloys para la obtención de los polímeros.

Torres explicó que, en un principio, se planteó la posibilidad de armar una planta piloto en Castiglioni porque “ellos están in situ, en un lugar muy cercano de donde hay que usarla” –en Río Negro-. Entonces, la función de Castiglioni fue “no solamente proveedor de las arcillas, sino que también ellos nos habilitaban a usar un poco su fábrica allá”. En cuanto a Alloys, la directora comentó que tuvieron “el apoyo de mucha gente del plantel” y que “tuvo más protagonismo” que Castiglioni, dado que “estaba más directamente involucrado en el tema” (Comunicación con Torres, 03/07/2017). Por su parte, De Micheli se refirió a Castiglioni sosteniendo que el proyecto “intervinieron muy poco. Nosotros pusimos mucha más plata, pero nosotros sabíamos

que iba a ser así. Hay empresas que no se comprometen mucho” (Comunicación con De Micheli, 15/09/2017).

3.3. Dificultades y resultados

Sobre las dificultades más grandes, se concentraron en las cuestiones administrativas¹¹ y los lentos tiempos burocráticos. Por ejemplo, un equipo que fue instalado en Alloys, tardó alrededor de seis meses en ingresar al país, mientras que su costo seguía subiendo. El retraso generó consecuentes demoras en el avance del proyecto, ya que una vez ingresado el equipo había que instalarlo. Tampoco estaban claros los procedimientos al efectuar compras del exterior. Las personas designadas como administrativos por parte de ANPCyT-FONARSEC no duraban mucho tiempo en sus cargos, cambiando con frecuencia, debiendo los investigadores poner al tanto a los nuevos administrativos de la situación en la que se encontraban y los documentos que ya habían sido presentados en ese momento en particular.

Otra complicación fue la falta de coordinación inter-institucional entre las autoridades del FONARSEC y empleados del CONICET en cuanto a la coordinación de cuestiones administrativas. Por ejemplo, en los FONARSEC se podía hacer uso de becas en conjunto con el CONICET. Sin embargo, la falta de coordinación entre estas instituciones derivó en que una becaria –que había llegado de otra provincia y se había instalado- no pudiera cobrar su beca por cuatro meses, ya que el CONICET y el FONARSEC no se ponían de acuerdo en quien debía efectuar el pago. Con respecto a este tipo de dificultades, Torres comentó que a pesar de que “la experiencia fue buenísima” y “Se compraron equipos que quedaron en los institutos”, “la parte administrativa fue un desastre”. El problema, según la investigadora, fue la falta de personal encargado de la administración:

[...] al principio todo estaba mal, había que repetirlo. Y eso implicó mucha energía, [...] hubiéramos podido avanzar de otra manera, sin tantas trabas administrativas [...] verdaderamente fue mucho el esfuerzo y la energía. Yo vivía en función del proyecto FONARSEC. [...] fue muy difícil, porque no estamos los científicos acostumbrados a hacer todo ese trabajo administrativo [...]. Verdaderamente yo dejé casi de lado toda la parte científica (Comunicación con Torres, 03/07/2017).

Sin embargo, para las empresas la dificultad estuvo en el plano técnico y comercial. Según De Micheli “La etapa de comercialización fue floja pero todavía no está terminada [...] lo que le queda a Alloys es si usamos nanotecnología en la parte de cables o en otra, pero todavía no tenemos éxito”, aunque “eso no quiere decir que no hayamos adquirido conocimientos” (Comunicación con De Micheli, 15/09/2017).

En opinión Torres, el proyecto alcanzó los objetivos propuestos y, por tanto, fue exitoso:

Nuestro centro es un centro de tecnología. Entonces tratamos de visualizar todo como para que tenga aplicación y que la puedan usar nuestras empresas argentinas. Sobre todo, lo que

¹¹ Esto refiere a aquellas cuestiones que atañen a la ejecución de los gastos, que contemplan recursos humanos propios y adicionales, consultoría y servicios, becas, viajes y viáticos, materiales e insumos, bienes de capital, infraestructura y otros (FS Nano, 2010).

más nos preocupa es darle valor agregado a estos minerales [...] es un mineral que se agota, y es un recurso que habría, de alguna manera, protegerlo un poquito más con valor agregado. Y que le rendiría no solamente al dueño sino al país también (Comunicación con Torres, 03/07/2017).

En contraste, para Alloys el éxito no es tan palpable porque aún no ha podido recuperar su inversión monetaria en el proyecto, ni ha logrado desarrollar un producto pasible de ser comercializado en lo inmediato:

Mi socio dice que perdimos 2 millones de pesos [...] pusimos e instalamos la planta piloto pero todavía no está activa. [...]. Lo que haría la próxima vez sería estar más seguro de que los productos que se están gestionando tengan más posibilidades serias de comercializarse. Pero igual nadie está seguro de que lo va a poder comercializar [...] a veces se llega a situaciones en que al final no se pudo aplicar la tecnología. No es que siempre anda todo bien [...] De todos modos, hay que reconocer un fracaso porque a veces uno piensa que todo es maravilloso y no es tan maravilloso (Comunicación con De Micheli, 15/09/2017).

En síntesis, el proyecto resultó en la formación de recursos humanos especializados, la realización de algunos congresos de nanoarcillas, la publicación de artículos científicos, la producción de tesis doctorales, la adquisición de equipamiento para las instituciones públicas, el diseño y la instalación de plantas pilotos en Alloys y en UNSAM y, por último, en el fortalecimiento de un trabajo interdisciplinario entre investigadores y entre investigadores y empresarios. La debilidad administrativa y la falta de capacidades de comercialización figuran entre las principales debilidades detectadas.

4. NanoAR

El proyecto “Desarrollo de nanoarcillas modificadas y productos innovadores a partir de arcillas nacionales” –conocido como NanoAR– involucró dos centros de investigación de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP) y varias empresas en el CAPP. Los dos centros pertenecen al Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA), dependiente de la UNMdP y CONICET, el Grupo de Materiales Compuestos de Matriz Polimérica (CoMP) y el Grupo de Polímeros Nanoestructurados (PolNano). Por la parte privada, participaron cinco empresas, Gihon Laboratorios Químicos SRL, Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF), Albano Cozzuol SA, Acsur SA y Electroquímica DEM SRL. La doctora en Ciencias de los Materiales, Vera Álvarez perteneciente al CoMP de INTEMA, se encargó de la dirección del proyecto. El presupuesto adjudicado por la ANPCyT fue de poco menos de 4 millones de dólares con una contraparte de 1 millón y medio de dólares para cuatro años de trabajo, dando inicio hacia mayo de 2012 y finalizando en mayo de 2016. Se trata de 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.¹²

El objetivo general del proyecto fue el desarrollo de productos innovadores a partir de materiales basados en matrices poliméricas, mediante el agregado de nanoarcillas modificadas. El

¹² Para estos organismos un proyecto es “exitoso” siempre y cuando llegue a un prototipo final.

uso de polímeros modificados con nanoarcillas podría mejorar las propiedades mecánicas, de barrera, la resistencia al fuego o a la abrasión, entre otras, de los materiales. La modificación química de las arcillas es vital debido a que las mismas, tal cual son obtenidas, no son compatibles con la mayoría de las matrices poliméricas utilizadas en diversas aplicaciones (Lombera, 2015). Por consiguiente, el proyecto se dividió en cuatro objetivos específicos: el desarrollo de las nanoarcillas modificadas químicamente, la dispersión de las nanoarcillas en polímeros termoplásticos y precursores de polímeros termorrígidos, el desarrollo de productos finales a partir de polímeros modificados con nanoarcillas y la consolidación de un espacio de vinculación para el desarrollo de proyectos tecnológicos entre el sector industrial y el ámbito académico (Álvarez *et al.*, 2012). En otras palabras, se buscó darle valor agregado a la arcilla al dispersarla, una vez modificada, en polímeros plásticos con el propósito de generar materiales compuestos que sirvan para el desarrollo de espumas de polietileno, útiles para armar envases térmicos para el traslado y conservación de productos farmacéuticos, y tubos plásticos para la conducción de petróleo (Comunicación con Álvarez, 12/07/2017).

4.1. Conformación del CAPP

Los dos grupos del INTEMA, al momento de conformar el CAPP, poseían experiencias previas en la realización de proyectos en conjunto con el sector productivo. De esta manera, si bien el FONARSEC contemplaba culminar con los prototipos de los productos -ya que se financiaba hasta la etapa pre-productiva-, una de las metas del CAPP fue alcanzar la etapa de producción industrial. La conformación del CAPP, traccionada mayoritariamente por el INTEMA, siguió criterios de experiencias previas entre los grupos de investigación y algunas empresas.

Gihon Laboratorios Químicos, fundada en 1991, es una empresa especializada en la producción y desarrollo de compuestos químicos de síntesis orgánica compleja, organometálica e inorgánica, cuyas moléculas generadas tienen aplicaciones en el campo farmoquímico, médico, veterinario y agroquímico, entre otros. Su planta productiva y sus laboratorios de control de calidad e I+D se encuentran en el Parque Industrial General Savio de Mar del Plata, provincia de Buenos Aires. Gihon cuenta con un personal de alrededor de 40 personas que incluye científicos, técnicos y operarios altamente calificados.

El director del Área de Investigación y Desarrollo de Gihon, el doctor en Ciencias Químicas Alberto Chevalier, en una conferencia del congreso Nanomercosur 2017, explicó que Gihon es una “empresa química o una empresa de síntesis de productos farmoquímicos que exporta más del 70% de sus productos a más de 100 países”. Todos los productos que vende Gihon son desarrollos propios y “eso está basado principalmente en que nuestra empresa [...] tiene un fuerte componente de profesionales”. Así, un tercio del personal de Gihon “es gente con título de grado y/o posgrado y alguna especialización en algo y conforma un equipo interdisciplinario”, conformando “el corazón, el motor de la empresa, que es nuestro laboratorio de I+D”, que es de donde salen sus productos. Además, la empresa tiene varios proyectos de vinculación tecnológica público-privado con distintas universidades en curso:

Nos gusta mucho la vinculación público-privada. [...]. Nos gusta llevar el conocimiento y transformarlo en un producto porque creo que al final la investigación científica debe tener algún impacto en la sociedad y las empresas tenemos la responsabilidad de vehicular ese

conocimiento científico a través de los desarrollos, de nuestros laboratorios y de nuestras capacidades [...] a la sociedad (Conferencia de Chevalier en Nanomercosur, 26/09/2017).

Sobre su relación con el sector académico, Chavalier, que es profesor de la UNdMP, señaló que “es fluida desde hace mucho tiempo y conozco mucha gente en el ámbito académico porque trabajamos con ellos”. Los laboratorios de I+D de Gihon están “bien equipados”, por lo que “vienen de las universidades a hacer prácticos o a ver equipos que no están en la universidad y a ver nuestras plantas piloto”. Con estos antecedentes, la relación “entre la empresa y la academia fue fluida porque yo tengo como un pie en cada lado”. El CoMP del INTEMA los invitó a participar en el NanoAR y Gihon aceptó “porque hay moléculas que nosotros sintetizamos que estaban involucradas en el proyecto [...]. Básicamente lo que se hace es encapsular algún producto, reforzar algún material con algún producto químico” (Comunicación con Chevalier, 6/03/2018).

Otra de las empresas participantes del CAPP fue YPF, que al igual que Gihon, contaba con experiencias previas de trabajos con el INTEMA. YPF es una empresa argentina de energía dedicada a la exploración, explotación, destilación, distribución y producción de energía eléctrica, gas, petróleo y derivados de los hidrocarburos y venta de combustibles, lubricantes, fertilizantes, plásticos y otros productos relacionados a la industria. Fue fundada en 1922 como empresa estatal, privatizada en 1992 y años más tarde adquirida por la española Repsol, en un contexto de desguace estatal que caracterizó la década de 1990. En 2012 fue convertido en ley un proyecto para expropiar el 51 % del capital accionario de YPF, que desde entonces posee el Estado argentino.

En el NanoAR, “la idea era desarrollar modificaciones sobre las nanoarcillas”, dado que “las nanoarcillas modificadas tienen propiedades distintas a las nanoarcillas comunes sin modificar” y “uno siempre busca cambiar las propiedades para que algo sea mejor”. YPF “quería utilizar estas nanoarcillas para aditivar a los termorrígidos, a los polímeros que se utilizan para hacer los tubulares para el transporte de petróleo, mejorando su vida útil” (Conferencia de Chevalier en Nanomercosur, 26/09/2017). De tener éxito, se “podía generar una durabilidad del caño de más del 50% de la vida útil”, lo que implica un ahorro de costos:

Nos pareció un proyecto que, además de ser muy interesante y tener matices nanotecnológicos, tenía a nuestro parecer un impacto social y económico beneficioso para el país porque el 51% de YPF es del Estado. [...]. Ese proyecto concluyó exitosamente en generar un producto reforzado con nanoarcillas modificadas para producir un material que sea mejor contra el agua, contra el oxígeno, que eso hace que el caño en su vida útil dure 50-60% más del tiempo (Comunicación con Chevalier, 6/03/2018).

Otra empresa que integró el CAPP es Electroquímica DEM, una PyME cuya actividad consiste en la elaboración y distribución de productos químicos a industrias y consumidores destinados al lavado, la higiene y la desinfección institucional y del hogar –además de elaborar sus propios envases-. Fue fundada en 1976 y se encuentra en Mar del Plata (Electroquímica DEM, 2018).

Por otra parte, una empresa que no integró formalmente el CAPP, pero que participó en el proyecto informalmente fue Minarmco, minera dedicada a la explotación de arcilla bentonita,

ubicada en la provincia de Neuquén. Minarmco se encargó de proveer este recurso para que los integrantes del CAPP pudieran realizar los estudios y análisis necesarios. Según la directora del CAPP, a través de Minarmco tuvieron contacto con Albano Cozzuol y Acsur, “ya que no habíamos tenido relación previa con estas dos empresas” (Comunicación con Álvarez, 12/07/2017).

Acsur produce preformas de PET, destinadas a las industrias de bebidas, aceites comestibles y productos de limpieza y su planta industrial se encuentra en el Parque Industrial de Río Grande, en Tierra del Fuego (Acsur, 2021). Por último, Albano Cozzuol, industria de plástico y metalúrgica, cuenta con varias plantas productivas ubicadas en las localidades de La Plata y General Pacheco, en la provincia de Buenos Aires y en Río Grande, Tierra del Fuego (Albano Cozzuol, 2018).

4.2. Desarrollo del proyecto

El proyecto involucraba la producción de arcillas, su modificación e incorporación a polímeros hasta la fabricación de productos. Gihon participó en la síntesis de insumos para la modificación química de las arcillas, el escalado de los procesos de modificación de las nanoarcillas, de la dispersión de estas en termoplásticos y precursores de termorrígidos y en el diseño y control de procesos en la escala preindustrial. El desarrollo de dispersiones de las nanoarcillas en matrices poliméricas debía estar a cargo de Albano Cozzuol, Acsur y Electroquímica DEM. Además, Electroquímica DEM, debía participar en el desarrollo y evaluación de uno de los productos finales, cajas térmicas de espuma de polietileno modificado con nanoarcillas, mientras que YPF debía probar en campo los tubulares de matriz termorrígida modificada con nanoarcillas (Lombera, 2015; Álvarez *et al.*, 2012).

Según Álvarez, Gihon “tuvo a cargo el desarrollo de los modificadores y el escalado de las arcillas modificadas”. Así, el escalado de los procesos de laboratorio y su optimización se realizó en Gihon, “que también contribuyó en etapas posteriores del proyecto, relacionadas con el desarrollo de los prototipos”. Así, “tuvieron mayor participación en el proyecto YPF [...] y Gihon. Y un poco más Electroquímica DEM”. En sus palabras, todas “las empresas se involucraron” y “se conformó un grupo interdisciplinario con intercambios y trabajos semanales del consorcio” (Comunicación con Álvarez, 12/07/2017).

Contrariamente, Chevalier señaló que la participación empresarial fue escasa, con poco involucramiento y compromiso de las empresas. Explicó que “la estrategia del Consorcio fue buena” porque además de la parte pública, para la parte privada se trató de integrar dentro del CAPP “desde el proveedor de la arcilla hasta el consumidor final”, “teniendo en el medio la empresa procesadora, la que iba a hacer el proceso de la transformación para llegar a eso”:

Se buscó al fabricante de la arcilla que era Minarmco, después estaba como uno de los destinatarios finales YPF y estaba Albano Cozzuol y DEM, que son posibles destinatarios de esta tecnología porque algunos hacen autopartes [...] poner refuerzos en las partes plásticas de los autos o de los camiones hace que esas partes sean más livianas, más resistentes. Y DEM que hace unos productos más aislantes [...]. Y estaba Gihon que era el que hacía todo el proceso. Gihon agarraba lo que se había investigado en el CoMP, lo escalaba, que es nuestra especialidad, pasar de un producto de laboratorio a una planta piloto y luego a un procedimiento, a un protocolo industrial [...] (Comunicación con Chevalier, 6/03/2018).

Sin embargo, “eso no ocurrió así”. Minarmco cambió de directorio y renunció al CAPP, aunque “nunca se negó a proveer la arcilla”. Las demás empresas, “a no ser YPF, no participaron casi nunca”. Según Chevalier, el proyecto “fue llevado adelante por el CoMP y Gihon” y “la participación de YPF fue activa en las reuniones y en el seguimiento del proyecto, pero YPF estaba en el Consorcio para dar las especificaciones del producto que querían”. Las demás empresas no colaboraron: “Es más, no les conozco la cara. [...] Quizás aceptaron estar en el Consorcio, pero sin ningún tipo de compromiso” (Comunicación con Chevalier, 6/03/2018).

Desde YPF explicaron que su interés en el NanoAR se concentró en la optimización de su nivel productivo de hidrocarburos, añadiendo que poseían una relación con el INTEMA de alrededor de 20 años. Las petroleras, explicó, “tenemos campos maduros y campos no convencionales”. Los campos maduros consisten en hacer una perforación exploratoria y encontrar petróleo. Después “se hace una perforación para delimitar la zona donde está el yacimiento y después viene la etapa de desarrollo”, que es “perforando muchos pozos” y haciendo estudios para saber el valor de reserva:

Cuando hacemos un primer pozo en un yacimiento nuevo y tenemos suerte, empieza a producir por primaria, que es cuando sale el fluido con la propia presión del fondo del reservorio. Después la presión baja y tenés que poner sistemas artificiales para sacar el petróleo del fondo [...] si continuamos sacando, la presión va a seguir bajando. Para evitar que la presión baje tenemos que hacer pozos e inyectar agua. El agua empieza a barrer todo el petróleo que está en los intersticios de la roca. Eso se llama recuperación secundaria. [...] cuando metemos agua ahí adentro empezamos a lixiviar la roca, empezamos a disolver los cloruros, los sulfatos, los carbonatos. Entonces la roca, que antes no era muy corrosiva, se transforma en corrosiva. [...] Los materiales se dañan. [...] En función de la condición del servicio, estamos aplicando tecnología de uso de tubulares de plástico porque resisten mucho más. No tienen ningún daño ante la corrosión [...] pero los plásticos tienen sus limitaciones en resistencia química” (Comunicación con Da Silva, 08/09/2017).

Para mejorar la performance de este tipo de material, “entra el mundo de los nanomateriales”. Se eligió la nanoarcilla porque “uno de los mecanismos de falla que tiene ese tipo de plástico es la hidrólisis”. Es decir, “el agua entra dentro de la matriz polimérica y empieza a lixiviar las sales que tiene la matriz polimérica y deja la fibra expuesta”. Para impermeabilizarlo se utilizan las arcillas. Para poner las arcillas en la matriz polimérica “se debe hacer al estilo nano”, lo que va a permitir “materiales que se unen cada vez con más fuerza”, “mayor resistencia mecánica”, lo que permite “trabajar con mayor facilidad”. Entonces, YPF integró el NanoAR para desarrollar ese material y obtener “productos que no existen en el mercado mundial”, fabricándolo en Argentina. Ahora bien, con el proyecto terminado y el material desarrollado, hacia fines de 2017 YPF estaba buscando socios industriales para hacer las pruebas en campo con el material nuevo, pero “el problema es que hay un parate de la industria muy fuerte” y “no hay mucho volumen de compra y por el momento no podemos invertir en el producto” (Comunicación con Da Silva, 08/09/2017).

4.3. Dificultades y resultados

Respecto a los resultados, aunque los prototipos de los productos están desarrollados, todavía no se llegó a su comercialización. Chevalier explicó que Gihon se centró “en los termorrígidos para tubulares porque es un mercado muy grande” y “pensamos que tendría un impacto muy importante en el gasto público porque poder tener caños que duren 50% más del tiempo, que si duran 20 años pasan a durar 30 años, es un ahorro de decenas de millones de dólares”, pero desde YPF “dicen que necesitan hacer el desarrollo de los caños en campo y que no tienen plata”:

Yo estoy un poco desilusionado de que haya quedado trunco el proyecto. A mí me gustaría verlo en la tierra o en las petroleras [...] hemos hecho todas las pruebas [a caños en el laboratorio] y se ve que el caño es muy mejorado y haría ahorrar mucho dinero, quizás haría ahorrar 500 millones de dólares y para hacer una prueba de desarrollo hacen falta 2 millones de dólares. Pero bueno, no sé porque no se hace (Comunicación con Chevalier, 6/03/2018).

En cuanto al desarrollo de las espumas de polietileno para Electroquímica DEM, comentó que “es un mercado pequeño y creo que quizás no hubo mucho interés de la empresa” (Comunicación con Chevalier, 6/03/2018).

Álvarez agregó que fue una experiencia positiva y exitosa -“el proyecto generó muchos papers, presentaciones en Congresos, una experiencia de aprendizaje”-, a pesar de las dificultades que generó la parte administrativa porque “requería mucha demanda y tiempo, lo que puede redundar en que no podíamos estar 100% enfocados en la ejecución del proyecto” (Comunicación con Álvarez, 12/07/2017).

Por su parte, Chevalier explicó que “Las cuestiones administrativas y comerciales son complicadas porque en estos proyectos las compras las hace la universidad” y “la universidad es bastante ineficiente en hacer compras”:

Los protocolos que tiene la universidad para comprar son tan burocráticos que terminan teniendo tantas complicaciones y una compra administrativamente puede durar meses [...]. Al atraso se suma la inflación creciente [...] como en estos proyectos increíblemente hay que cotizar en pesos, entonces estamos en una camisa de fuerza (Comunicación con Chevalier, 6/03/2018).

En este punto agregó que, en el NanoAR, al ser un proyecto grande, “una variación de uno o dos pesos en el dólar es un montón de plata”, por lo que “tenés que andar pidiendo reconsideraciones, que te hagan refuerzo”. En su opinión, los temas administrativos de compras fueron lo más complicado:

[Cuando] le dieron el control total del dinero a las universidades, terminó de arruinarse todo. [...] [La universidad y la empresa] ponemos gastos de administración, de viáticos, para movernos y después la universidad me dice que no paga viáticos a empresas privadas. Pero la plata es nuestra. ‘No, pero entró a las arcas de la universidad’. Pero la plata fue para el proyecto. [...] Ahí empezamos con los problemas [...] las empresas no quieren esas demoras porque ponen plata en los proyectos. [...] Después el proyecto se demora porque las universidades no pueden transferir 10.000 pesos [...] lo único que está pasando con este

sistema es que, si esto sigue así, en vez de incentivar a las empresas a que trabajen con la parte pública, es todo lo contrario (Comunicación con Chevalier, 6/03/2018).

A pesar de las dificultades administrativas, Chevalier reflexionó que, en su opinión, el NanoAR “empezó y terminó como debía, en tiempo, con informes, con las compras, aunque hubo que generar un equipo administrativo que se dedique exclusivamente a compras y al seguimiento”. Las nanoarcillas modificadas fueron desarrolladas y se hicieron los caños en su versión prototipo. En sus palabras, el proyecto fue “además de un proyecto prolijo, un proyecto que tiene impacto social. No lo ha generado todavía, pero potencialmente generaría el impacto en un ahorro en dinero de las arcas públicas” (Comunicación con Chevalier, 6/03/2018).

En resumen, el NanoAR generó publicaciones científicas, participación en congresos, formación de recursos humanos, consolidación de infraestructura y adquisición de nuevo equipamiento en el INTEMA y, aunque los productos desarrollados aún no se comercializan, se espera a un futuro poder alcanzar esta etapa.

5. Discusión

En un escenario donde las políticas de promoción a la nanotecnología siguieron una lógica basada en la oferta de conocimientos –a través de políticas horizontales-, concentradas mayormente en la generación de recursos de financiamiento para actividades de I+D, los FONARSEC reúnen características de políticas orientadas a misiones enraizadas en problemas de relevancia socioeconómica para Argentina. Ambos casos presentados, enfocados en el desarrollo de nuevos productos mediante el uso de nanoarcillas, se propusieron metas para potenciar el desarrollo productivo nacional.

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

Tabla n° 1. Características destacables de los casos de estudio

	Caso 1: Obtención de nanoarcillas a partir de bentonitas patagónicas para su aplicación en nanocompuestos	Caso 2: NanoAR
Monto Asignado	2 millones de dólares	Alrededor de 4 millones de dólares
CAPP	Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica (CETMIC/UNLP), Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (3iA/UNSAM), Alloys y Castiglioni	Grupo de Materiales Compuestos de Matriz Polimérica (CoMP), Grupo de Polímeros Nanoestructurados (PolNano) del Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA/UNMdP, Gihon Laboratorios Químicos, YPF, Albano Cozzuol, Acsur y Electroquímica DEM
Objetivo	Desarrollo de nanoarcillas a partir de la bentonita a través de modificaciones químicas, físicas y/o biológicas, para su utilización en el desarrollo de nuevos materiales poliméricos y en remediación ambiental	Desarrollo de productos innovadores a partir de materiales basados en matrices poliméricas, mediante el agregado de nanoarcillas modificadas, tales como espumas de polietileno y tubos plásticos para la conducción de petróleo
Dificultades	Dificultades administrativas, lentos tiempos burocráticos para la compra de equipamiento y procedimientos administrativos, falta de coordinación inter-institucional entre autoridades del FONARSEC y CONICET	Problemas de demoras en las compras de equipos, impactos de la devaluación e inflación en el presupuesto del proyecto, escaso involucramiento empresarial
Fortalezas	Formación de recursos humanos, realización de congresos, publicación de artículos científicos, producción de tesis doctorales, fortalecimiento del trabajo interdisciplinario entre investigadores y empresarios, adquisición de conocimientos técnicos Alloys, instalación de plantas piloto en Alloys y UNSAM, adquisición de equipamiento para las instituciones públicas	Publicación de artículos científicos, participación en congresos, formación de recursos humanos, consolidación de infraestructura y adquisición de nuevo equipamiento en el INTEMA
Resultados	Avances en la generación de capacidad ignífuga en un producto plástico para cables y en la utilización de nanoarcillas como absorbentes en remediación ambiental. No se logró la exfoliación de las arcillas –separación de las laminas-. La planta piloto para remediación ambiental aún no fue usada comercialmente y Alloys no logró la comercialización	Se desarrolló un producto prototipo reforzado con nanoarcillas modificadas para la producción de un material que prolonga la vida útil de los tubulares que transportan petróleo, que se encuentra en una etapa de pruebas a campo

Fuente: Elaboración propia

Haciendo un balance de ambos casos desarrollados, las fortalezas incluyen la realización de congresos, la producción de tesis doctorales y publicación de artículos científicos, la formación de recursos humanos, la adquisición de equipamiento científico-tecnológico para las instituciones públicas, el fortalecimiento del trabajo interdisciplinario entre investigadores y, en algunos casos, investigadores y empresarios y el diseño y la instalación de plantas piloto de producción industrial. Por otro lado, las dificultades se concentran en demoras en la adquisición de equipamiento, la obtención de permisos para realizar las compras bajo el proceso de licitación correspondiente, la pérdida del poder de compra de los CAPPs como consecuencia de los procesos de devaluación de la moneda nacional y la falta de una unidad capacitada y estable dedicada a la administración en la ANPCyT.

En alusión a las dificultades administrativas, según la directora del FONARSEC, existió una fuerte resistencia por parte de los organismos públicos a adaptarse al nuevo modelo de gestión: “Hacer cambiar el modo de accionar en el modelo administrativo y formas de trabajo fue una resistencia terrible” (Comunicación con Mac Donald, 15/06/2017). Según Mac Donald las dificultades administrativas fueron de enorme magnitud por la costumbre de los beneficiarios del sector público de manejarse administrativamente según los reglamentos de la institución a la que pertenecen. Así, “en lugar de hacer las cosas con las normas de los bancos, las hacían con las normas de la universidad”. A esto se sumaban las frecuentes rotaciones de personal administrativo de FONARSEC, “Entre los chicos míos había muchas rotaciones. No eran precisamente iluminados. [...] Teníamos un grupo de gente muy pequeño”. En su opinión, el manejo administrativo con las instituciones públicas “fue grave”, pero “no hubo problemas, en general, con las empresas” dado que “las empresas están acostumbradas a manejarse con números, con papeles, con consignas, con regulaciones” (Comunicación con Mac Donald, 22/03/2018).

Sin embargo, hubo notables divergencias entre la percepción de los actores respecto a los resultados de los proyectos, sujeta a su pertenencia institucional. Los investigadores asociaron el éxito de los proyectos a la posibilidad de publicar papers, participar en congresos, formar recursos humanos y adquirir bienes de capital para sus instituciones de pertenencia, mientras que los empresarios se focalizaron en la posibilidad de escalar y comercializar productos. Mientras que para los investigadores pertenecientes a instituciones públicas los proyectos fueron exitosos, los empresarios hablan de “fracaso”.

Según la evidencia empírica que brinda el artículo, la deficiencia más importante del FONARSEC fue la desvinculación del MINCyT/ANPCyT en los procesos de comercialización de los prototipos industriales desarrollados. Aunque, en general, existió una escasa participación empresarial en el desarrollo de los prototipos de los productos, la etapa de comercialización quedaba explícitamente excluida del financiamiento del fondo, por lo que 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.¹³ Desde el MINCyT/ANPCyT algunos entrevistados argumentaron que no corresponde apoyar esta etapa desde un Ministerio de CyT, cuyo objetivo es apoyar la innovación productiva, agregando que

¹³ La etapa de comercialización no fue parte de la evaluación de ANPCyT-MINCyT ni del BM, porque los FONARSEC fueron diseñados como instrumento que cubría hasta la etapa pre-comercial, dejando afuera la posibilidad de recuperar la cuantiosa inversión estatal.

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” (Comunicación con Mac Donald, 22/03/2018).

Contrariamente a esta visión, en los países centrales el Estado financia el desarrollo de nuevas tecnologías y toma la iniciativa en el impulso de nuevos mercados, acompañando todo el proceso con inversión ingente, a riesgo y de largo plazo, que sea capaz de promover las innovaciones tecnológicas radicales (Mazzucato, 2013; Ruttan 2008) —en este caso, la nanotecnología—, incluyendo especialmente la etapa de comercialización (Mazzucato, 2013, p.19).

Como vimos, los FONARSEC contaron con una reducida participación empresarial. En referencia a este punto, Mac Donald comentó que la participación de empresas nacionales en procesos de innovación en general es baja, pero en este caso, el problema se vio magnificado por la escasez de empresas trabajando con nanotecnología. Entonces, a la convocatoria “llegó el sector científico primero” y “salieron a cazar empresas” y, como consecuencia, “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” (Comunicación con Mac Donald, 15/06/2017).

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, caracterizado 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 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 todavía no se cuenta con “productos escalados” (Comunicación con Mac Donald, 15/06/2017).

Si bien el NanoAR, elegido como uno de los proyectos más exitosos, tuvo un fuerte involucramiento empresarial de Gihon y logró el desarrollo del prototipo de los caños reforzados con nanoarcillas, el objetivo de introducir desarrollos tecnológicos en el mercado y recuperar la inversión estatal no se logró, al menos hacia fines de 2017. Aun así, pese a las dificultades operativas y de gestión en que estuvo inserto, el FONARSEC puede ser considerado como el primer paso hacia la creación de un bolsón de eficiencia, en términos de Evans (1995), que generó impactos a nivel de casos testigos. En base a la evidencia empírica de este artículo, se puede sostener que los FONARSEC obtuvieron mejores resultados en aquellos casos en los que hubo un fuerte involucramiento empresarial y donde las empresas definieron objetivos en base a sus necesidades productivas. En otras palabras, los proyectos que reunieron mayor cantidad de características *mission oriented* fueron los que mejores resultados obtuvieron. En este sentido debe tenerse en cuenta que, si bien mayormente, las políticas que promovieron la nanotecnología en Argentina lo hicieron a través de iniciativas horizontales dirigidas a fortalecer la infraestructura y las capacidades científico-tecnológicas, el FONARSEC, al buscar la vinculación de actores públicos y privados para el desarrollo de sectores, tecnologías y mercados, según objetivos estratégicos estatales, buscó romper la lógica académica dominante basada en la oferta de conocimientos.

Asimismo, el FONARSEC debe ser entendido como parte de un proceso de evolución de las políticas de CyT y de aprendizaje institucional. Su objetivo general, 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 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 entre la “infraestructura científico-técnica” y la “estructura productiva”, en palabras de Sabato (2004), problema estructural que persiste en la actualidad en Argentina. Considerando esta dificultad histórica, mediante el financiamiento de algunos proyectos que promovieron la conformación de alianzas público-privadas, no era de esperar que el FONARSEC resolviera un problema de esta magnitud, por lo que, el principal logro del instrumento fue comenzar a abonar el terreno en materia de vinculación público-privada, generando procesos de aprendizaje en este sentido.

En síntesis, 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. Existieron eslabones que no fueron considerados en el diseño del instrumento, relativos a la gestión de los proyectos, como los tiempos que demandan la compra de equipamiento científico-tecnológico y el impacto que produce en éstos los procesos de devaluación e inflación que caracterizaron la economía argentina. Enfocarse en estas deficiencias podría generar mejoras importantes en este instrumento de política. 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 la formación de recursos humanos calificados, la adquisición de equipamiento científico-tecnológico, el afianzamiento de los vínculos y el trabajo entre el sector científico-tecnológico y el sector privado, la obtención de prototipos y la instalación de plantas piloto industriales.

Ahora bien, hablar de procesos de aprendizaje supone la continuidad de las políticas públicas y la estabilidad de las instituciones. Sin embargo, mientras que lo recomendable sería el lanzamiento de Fondos Sectoriales de “segunda generación”, que capitalizaran los aprendizajes, en los hechos el FONARSEC estuvo paralizado durante el gobierno de Mauricio Macri (2015-2019). El gobierno de Alberto Fernández reposicionó las políticas para el desarrollo científico y tecnológico como área estratégica, aunque la pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2 y la declaración de emergencia sanitaria alteró las metas gubernamentales durante 2020 y puso en primera línea de las políticas públicas al sector de salud humana.

Referencias

- Acsur (2021). Breve historia de Acsur S.A. <http://www.acsur.com.ar/Historia>. (Consulta: 13 febrero 2021).
- Albano Cozzuol (2018). Quienes somos. http://www.acozzuol.com.ar/quienes_somos.php. (Consulta 16 febrero 2018).
- Álvarez, V., Hoppe, C., Montemartini, P. y Rodríguez, E. (2012). Desarrollo de nanoarcillas modificadas y productos innovadores a partir de arcillas nacionales. *Revista SAM*, 2: 56-63.

- Andrini, L. y 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. y 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*. Londres: Routledge.
- Carrizo, E. (2019). Políticas orientadas a misiones: ¿son posibles en Argentina? *Ciencia Tecnología y Política*, 2(3): 1-8.
- Carrozza, T. y Brieva, S. (2017). Las nanotecnologías para el desarrollo inclusivo y sustentable en Argentina: una aproximación a la promoción de actividades públicas de I+D en el período 2007-2015. *Revista Administración Pública y Sociedad*, (4): 53-74.
- Delgado R., 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.
- Electroquímica DEM (2018). Quienes somos. http://www.electroquimicadem.com.ar/quienes_somos.htm. (Consulta 16 febrero 2018).
- Ergas, H. (1987). Does Technology Policy Matter? En B. Guille y H. Brooks, Eds., *Technology and Global Industry: Companies and Nations in the World Economy*. Washington DC: National Academy Press.
- Evans, P. (1979). *Dependent Development. The Alliance of Multinational, State, and Local Capital in Brazil*. New Jersey, Princeton University Press.
- Evans, P. (1995). *Embedded Autonomy: States and Industrial Transformation*. Princeton, Princeton University Press.
- Evans, P. (1996). El Estado como problema y como solución. *Desarrollo Económico*, 35(140): 529-562.
- Foladori, G. (2016). Políticas públicas en nanotecnología en América Latina. *Revista Problemas del Desarrollo*, 47: 59-81.
- Foladori, G. e Invernizzi, N. (2013). Inequality gaps in nanotechnology development in Latin America. *Journal of Arts and Humanities*, 2(3): 35-45.
- Foladori, G, Rushton, M. y Zayago Lau E. (2008). Center of Educational Excellence: Nanotechnology: The Proposed World Bank Scientific Millennium Initiatives and Nanotechnology in Latin America. En A. Barrañon, Ed. *New Nanotechnology Developments*. Nueva York: Nova Science Publishers.
- Foladori, G. y Carrozza, T. (2017). Políticas de nanotecnología en Argentina a la luz de criterios de la OCDE. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 28(55): 115-140.
- FS Nano (2010). Bases Convocatoria Fondo Sectorial de NANOTECNOLOGIA. http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/Bases_FSNano_2010.pdf. (Consulta 4 julio 2018).
- FS Nano (2012). Bases de la Convocatoria Fondo Sectorial de NANOTECNOLOGIA. <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/BASES-FSNano-Roca-Fluido.pdf>. (Consulta 4 julio 2018).
- García, M., Lugones, M. y Reising, A. (2012). Conformación y desarrollo del campo nanotecnocientífico argentino: una aproximación al estado de la cuestión desde el estudio de los instrumentos de promoción científica y tecnológica. En G. Foladori, E. Záyago y N. Invernizzi (coords.): *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina* (pp. 13-32). México: Porrúa.

- Herrera, A. (1995[1975]). Los determinantes sociales de la política científica en América Latina: Política científica explícita y Política científica implícita. *Redes*, (5): 117-131.
- Hubert, M. y Spivak L'Hoste, A. (2009). Integrarse en redes de cooperación en Nanociencias y Nanotecnologías: el rol de los dispositivos instrumentales. *Redes*, 15(29): 69-91.
- Hurtado, D., Lugones, M. y 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*, 12(34): 65-93.
- Invernizzi, N., Hubert, M. y 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*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Lombera, G. (2015). Desarrollo de nanoarcillas modificadas y productos innovadores a partir de arcillas nacionales. *Desarrollo Tecnológico y Transferencia*, 6(4): 20-22.
- Lengyel, M., Aggio, C., Erbes, A., Milesi, D., Gil Abinader, L. y Beccaria, A. (2014). *Asociatividad para la innovación con alto impacto. Congruencia de objetivos entre las áreas programática y operativa de los Fondos Sectoriales*. Buenos Aires: CIECTI, MINCyT.
- Lugones, M. y Osycka, M. (2018). Desarrollo y políticas en nanotecnología: desafíos para la Argentina. En D. Aguiar, M. Lugones, J. M. Quiroga y F. Aristimuño (dir.): *Políticas de ciencia, tecnología e innovación en la Argentina de la posdictadura*. Viedma, Río Negro, Argentina: Editorial UNRN. <https://books.openedition.org/eunrn/1234>. (Consulta 4 de Julio 2018).
- Mazzucato, M. (2013). *The Entrepreneurial State. Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Londres: Anthem Press.
- Mazzucato, M. (2014). A mission-oriented approach to building the entrepreneurial state. A ‘think piece’ for the Innovative UK. <http://marianamazzucato.com/wp-content/uploads/2014/11/MAZZUCATO-INNOVATE-UK.pdf>. (Consulta 10 agosto 2018).
- MINCyT (2013). Casos de Asociatividad e Innovación. Nanotecnología. Buenos Aires: Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- Motoyama, Y., Appelbaum, R. y 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.
- Peres, W. y Primi, A. (2009). *Theory and practice of industrial policy. Evidence from the Latin American Experience*. Santiago de Chile: United Nations.
- Roco, M. C. (2017). Overview: Affirmation of Nanotechnology between 2000 and 2030. *Nanotechnology Commercialization: Manufacturing Processes and Products*.
- 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.

- Surtayeva, S. (2019). *Cambio tecnológico y capacidades políticas, institucionales y organizacionales: análisis de la evolución de la nanotecnología en la Argentina (2003-2015)*, Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Quilmes: Buenos Aires, Argentina.
- Surtayeva, S. (En prensa). El impacto de las políticas de promoción sobre el sector productivo argentino: el caso de la nanotecnología (2003-2018), *Revista Iberoamericana de CTS*.
- Varsavsky, O. (2006). *Hacia una política científica nacional*. Caracas: Monte Ávila Editores Latinoamericana.
- 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.
- Vila Seoane, M. (2014). Los desafíos de la nanotecnología para el “desarrollo” en Argentina. *Mundo Nano*. 7(13): 78-94.