

El impacto de las políticas de promoción sobre el sector productivo argentino: el caso de la nanotecnología (2003-2018) *

O impacto das políticas de promoção no setor produtivo argentino: o caso da nanotecnologia (2003-2018)

The Impact of Promotional Policies on the Argentine Productive Sector: The Case of Nanotechnology (2003-2018)

Sofya Surtayeva **

Las políticas tecnológicas necesarias para impulsar el cambio tecnológico constituyen una debilidad persistente en América Latina. Este trabajo discute el problema que enfrentan países en desarrollo como Argentina en el desafío de desarrollar capacidades organizacionales e institucionales que posibiliten el acceso a las tecnologías de frontera. En concreto, reconstruye la trayectoria de la nanotecnología en la Argentina en el período 2003-2018, 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, en pos de determinar cuál fue el aporte de la nanotecnología al cambio tecnológico. Luego de evaluar el impacto de las dos iniciativas más importantes de promoción al área nanotecnológica sobre el sector productivo —los Fondos Argentinos Sectoriales y la Fundación Argentina de Nanotecnología—, se concluye que las políticas implementadas impactaron en la producción de un conjunto heterogéneo de casos testigo a nivel empresarial, mientras que el principal objetivo centrado en mejorar la competitividad de la economía se mantiene fuera del alcance de las capacidades vigentes a la fecha.

131

Palabras clave: nanotecnología; Fondos Argentinos Sectoriales; Fundación Argentina de Nanotecnología

* Recepción del artículo: 12/02/2020. Entrega de la evaluación final: 26/03/2020.

** Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y CONICET, Argentina. Correo electrónico: sofya.surtayeva@gmail.com. El presente artículo se basa en la investigación desarrollada por la autora en el marco de la tesis titulada: *Cambio tecnológico y capacidades políticas, institucionales y organizacionales: análisis de la evolución de la nanotecnología en la Argentina (2003-2015)*, cuya defensa en la Universidad Nacional de Quilmes, el 18 de diciembre de 2019, le permitió la obtención del título de doctora en ciencias sociales y humanas.

As políticas tecnológicas necessárias para impulsionar a mudança tecnológica constituem uma fraqueza persistente na América Latina. Nesse sentido, este trabalho procura discutir o problema enfrentado por países em desenvolvimento como a Argentina, que é o desafio de desenvolver capacidades organizacionais e institucionais que permitam o acesso às tecnologias de fronteira. Especificamente, o trabalho reconstrói a trajetória da nanotecnologia na Argentina no período 2003-2018, com foco nas sucessivas reformulações de políticas públicas para a promoção da nanotecnologia e nas capacidades organizacionais e institucionais da gestão da tecnologia para cumprir os objetivos, a fim de determinar qual foi a contribuição da nanotecnologia para a mudança tecnológica. Depois de avaliar o impacto das duas iniciativas mais importantes para promover a área de nanotecnologia no setor produtivo — os Fundos Setoriais Argentinos e a Fundação Argentina de Nanotecnologia — conclui que as políticas implementadas impactaram na produção de um conjunto heterogêneo de casos testemunhais no nível empresarial, enquanto o principal objetivo focalizado em melhorar a competitividade da economia permanece fora do escopo das capacidades existentes até o momento.

Palavras-chave: nanotecnologia; Fundos Setoriais Argentinos; Fundação Argentina de Nanotecnologia

The technological policies necessary to drive technological change constitute a persistent weakness in Latin America. This paper discusses the problem faced by developing countries such as Argentina in their intent to develop organizational and institutional capacities that allow access to frontier technologies. Specifically, it reconstructs the trajectory of nanotechnology in Argentina in the period 2003-2018, focusing on the successive reformulations of public policies for the promotion of nanotechnology and the organizational and institutional capacities of technology management, in order to determine the contribution of nanotechnology to technological change. After evaluating the two most important initiatives to promote nanotechnology on the productive sector —the Argentine Sectoral Funds and the Argentine Foundation of Nanotechnology—, it is concluded that the policies implemented impacted on the production of a heterogeneous set of witness cases at business level, while the main objective focused on improving the competitiveness of economy remains outside the scope of the existing capacities to date.

Keywords: nanotechnology; Argentine Sectoral Funds; Argentine Foundation of Nanotechnology

1. Los inicios de las políticas de nanotecnología en Argentina

Durante la década de 1990, bajo el liderazgo de Estados Unidos, las economías centrales asumieron la nanotecnología como potencial tecnología de propósito general (TPG), que es aquella tecnología que realiza alguna función genérica vital capaz de dinamizar de forma transversal muchos sectores de la actividad económica, ya sea a través de nuevos productos o sistemas de producción (Bresnahan y Trajtenberg, 1995). 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).¹ Detrás de esta tendencia, desde finales de la década de 1990, 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 y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (Foladori *et al.*, 2008).

En América Latina, Brasil, México y Argentina concentran la mayor parte de las actividades en nanotecnología de la región. 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, p. 173; Foladori e Invernizzi, 2013, p. 37).

En Argentina la nanotecnología se incorporó a la agenda de políticas públicas recién en 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), como consecuencia de la crisis política, económica y social de 2001 que sumió al país en un caos institucional. En aquel entonces el país no contaba con estudios prospectivos en temáticas de ciencia y tecnología ni tampoco contaba 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 capacidades estratégicas interdisciplinarias en áreas de I+D, como la nanotecnología. Como resultado, las primeras iniciativas de políticas de promoción de la nanotecnología estuvieron impulsadas por la comunidad científica, orientadas a la nanociencia. Este rasgo 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, cuyos resultados más destacables fueron la articulación entre investigadores de diferente formación profesional, pero cuyas temáticas de investigación confluían en la nanociencia (Andrini y Figueroa, 2008; Vila Seoane, 2011).

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, pp. 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).

En paralelo, otra iniciativa para impulsar la nanotecnología provino de un grupo de investigadores del Instituto Balseiro, que proponía montar un laboratorio limpio en colaboración con la empresa multinacional Lucent Technologies (ex Bell Laboratories) para medición y caracterización de los desarrollos de esta empresa. La demanda fue dirigida al entonces titular del Ministerio de Economía y Producción (MinEyP), Roberto Lavagna. En consecuencia, a fines de 2004, Lavagna anunció el lanzamiento de un plan de desarrollo de la nanotecnología a partir de la asociación con Lucent, que haría posible, se sostenía, la fabricación en el país de semiconductores y *chips* (*Página/12*, 2004), aunque en realidad la fabricación y el desarrollo quedarían excluidos de Argentina. A pesar de ello, en abril de 2005, el MinEyP creaba 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 del MinEyP.² 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”. Como capital inicial, el Estado argentino se comprometía a aportar 10 millones de dólares durante los primeros cinco años de funcionamiento de la entidad.³

Creada la FAN, se generaron cuestionamientos provenientes desde la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados de la Nación, alegando 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.⁴ Una diputada cuestionó la magnitud de los fondos asignados, solicitando un informe al Poder Ejecutivo Nacional (*El Litoral*, 2005). A comienzos de junio, como respuesta, el Parlamento argentino elaboró un proyecto de ley que impulsaba el Plan Nacional Estratégico de Desarrollo de las Micro y Nanotecnologías que, si bien no fue aprobado, sentó las bases para la reformulación de la política de nanotecnología (Lugones y Osycka, 2018) e introdujo la caracterización de la nanotecnología como “tecnología estratégica”, concepto que sería utilizado en próximos instrumentos de promoción al área. En sus “Fundamentos” 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.

2. Decreto 380, Boletín Oficial 30.643 del 29 de abril de 2005.

3. Si bien se suele hablar de la Fundación Argentina de Nanotecnología, su nombre formal es Fundación Argentina de Micro y Nanotecnología.

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).

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 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).

La renuncia de Lavagna, en noviembre de 2005, y su reemplazo por Felisa Miceli al frente del MinEyP llevó a una reorganización de la FAN. La nueva ministra nombró a una asesora para el área de la nanotecnología, quien impulsó la creación de un Consejo Asesor de la FAN, que fue integrado por científicos y tecnólogos destacados de las principales instituciones públicas de I+D,⁵ que cumplió la función de asesorar a la FAN para la planificación, organización y ejecución de sus actividades y que fue quien decidió abandonar el vínculo con Lucent. A su vez, 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 (Hurtado *et al.*, 2017). Esto se ve, por ejemplo, en el Programa de Áreas Estratégicas (PAE), financiado por la ANPCyT a fines de 2006 y enfocado en las áreas seleccionadas como prioritarias por el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Bicentenario” (2006-2010), donde se incluía a la nanotecnología en varias áreas “estratégicas” (SECyT, 2006, p. 17) —en adelante, la nanotecnología es configurada desde las políticas como una “tecnología estratégica”—, lo 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.⁶

135

5. Participaron investigadores de 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).

6. Los dos proyectos de nanotecnología fueron el Centro Interdisciplinario de Nanociencia y Nanotecnología (CINN), que recibió alrededor de tres millones de dólares, y el nodo Nanotec, que recibió más de dos millones de dólares (PAE, 2006). El CINN se creó en 2008 como un centro virtual, buscando modernizar laboratorios y equipamientos, establecer vínculos con empresas de alta tecnología y formar profesionales. El centro involucró alrededor de 100 investigadores, impulsando una red de colaboración científica interdisciplinaria con esfuerzos concentrados en la formación de recursos humanos (Vela y Toledo, 2013, pp. 21-22), aunque las deficiencias se concentraron en el plano productivo ya que no generó interés ni participación empresarial. Por su parte, el nodo Nanotec, se orientó al desarrollo de capacidades para la generación de micro y nanodispositivos (iProfesional, 2009) e incluyó el desarrollo de nanobiosensores para detección de enfermedades, desarrollo de narices y olfateadores electrónicos que utilizan micro y nanotecnologías para detectar drogas y explosivos y el desarrollo de una antena para satélites —dispositivo para el Plan Espacial Argentino, a pedido de la CONAE— (Moledo, 2008).

A fines de 2007, la creación del Ministerio Nacional de Ciencia y Tecnología (MINCyT) conformaba una oportunidad para dar un salto cualitativo en las políticas para el sector. El químico Lino Barañao, hasta ese momento presidente de la ANPCyT, fue designado al frente del nuevo ministerio y la FAN quedó bajo su dependencia. En términos generales, hasta 2008, se habían financiado 163 proyectos en nanotecnología por un monto total de más de alrededor de 18 millones de dólares (Vila Seoane, 2011, p. 101; BET, 2009, p. 7).

2. Fondos Argentinos Sectoriales

El aludido 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 nanotecnología en nanomateriales, nanointermediarios 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). Al programa solo 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 proyecto (Lengyel *et al.*, 2014, pp. 4-5). Los proyectos debían generar innovaciones científico-tecnológicas y traducirse en posibilidades concretas de transferencia.

136

Como resultado, en 2010 fueron aprobados ocho proyectos, por un monto total aproximado de 30 millones de dólares incluida la contraparte. En una posterior convocatoria del 2012 se financió un solo proyecto enfocado en el desarrollo de nanoproduitos en sistemas Roca-Fluido (FSNano, 2012), que recibió alrededor de 10 millones de dólares, incluyendo la contraparte. El FONARSEC fue parcialmente financiado por el Banco Mundial y por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

El novedoso instrumento 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, p. 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 TIC” (MINCyT, 2012, p. 57).

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”.⁷ 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”.⁸

Como resultado, los tres proyectos más exitosos definidos como tales según el Banco Mundial y el MINCyT fueron: el Nanopoc, cuyo objetivo fue el desarrollo de un dispositivo aplicable al diagnóstico de enfermedades infecciosas que afecten a la salud humana y animal (la versión del prototipo fue desarrollada); el NanoAR, que se propuso desarrollar productos —principalmente tubos plásticos para la conducción de petróleo— a partir de materiales basados en matrices poliméricas, mediante el agregado de nanoarcillas modificadas (la versión del prototipo fue desarrollada); y la plataforma tecnológica para el desarrollo de nanotransportadores biológicos para fármacos para terapias oncológicas (proyecto que, al momento de la realización de las entrevistas, continuaba desarrollándose debido al interés comercial de la empresa Eriochem). No obstante, pese a que varios proyectos terminaron con un prototipo desarrollado, en ninguno de los nueve casos se llegó a un producto comercializable. Además, la etapa de comercialización estaba explícitamente excluida del financiamiento del FONARSEC (Surtayeva, 2019).

En cuanto a la implementación, todos los proyectos atravesaron dificultades 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 y las recurrentes devaluaciones de la moneda argentina, que impactaron en los tiempos de ejecución de los proyectos negativamente. En concreto, las falencias se concentraron en los tiempos que demandan los procesos de adjudicación del dinero para dar inicio a los proyectos, la compra de equipamiento científico-tecnológico —que incluye licitaciones internacionales en la mayoría de los casos— y el impacto que produce en ellos los procesos de devaluación e inflación que caracterizaron la economía argentina. 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— e inclusive a la interrupción del proyecto en uno de los casos (Surtayeva, 2019).

Por su parte, entre 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

7. Comunicación con Isabel Mac Donald, 22 de marzo de 2018.

8. Comunicación con Isabel Mac Donald, 15 de junio de 2017.

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 (Surtayeva, 2019).

Ahora bien, la mayor falencia del FONARSEC fue su desvinculación de la etapa de escalamiento y comercialización de los productos desarrollados en el marco de los proyectos. Como objetivo estos proyectos se propusieron 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, pese a que 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 (Surtayeva, 2019).

En esta dirección, 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”.⁹ 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. 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 procesos innovadores. Así, en los países centrales el Estado es el actor que financia el desarrollo de nuevas tecnologías, 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, p. 19). 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

9. Comunicación con Isabel Mac Donald, 22 de marzo de 2018.

estructura oligopólica en los sectores más dinámicos del comercio mundial (Block, 2008; Mazzucato, 2013).

Ahora bien, en general los FONARSEC contaron con una reducida participación empresarial en el transcurso del proyecto, siendo los beneficiarios principales del instrumento los grupos de investigación pertenecientes a instituciones públicas de ciencia y tecnología, salvo algunas excepciones. En referencia a este punto, entendido como una falencia, 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”.¹⁰

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 comenzó a ser caracterizada como un área de vacancia con el foco puesto sobre el sector científico. 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”.¹¹ En este sentido, en algunos casos se lograron avances inéditos, mientras que otros giraron únicamente en torno al trabajo de los grupos de investigación de las instituciones públicas de ciencia y tecnología.

139

3. Fundación Argentina de Nanotecnología¹²

Luego de la renuncia de Lavagna a fines del 2005, a los pocos meses de creación de la FAN, la nueva ministra del MinEyP nombró a la socióloga Lidia Rodríguez, experta en planeamiento estratégico y análisis organizacional, como asesora para el área de nanotecnología, quien recomendó formalizar la creación de un consejo asesor de la FAN. En ese momento, por decisión del Consejo, se abandonan los vínculos con la transnacional Lucent.

10. Comunicación con Isabel Mac Donald, 15 de junio de 2017.

11. Comunicación con Isabel Mac Donald, 15 de junio de 2017.

12. Esta sección se basa en Surtayeva y Hurtado (2019), aunque con el foco en las empresas incubadas y en la participación de la FAN en la plataforma Nanopymes.

En agosto de 2006, mientras se intenta encontrar un rumbo como sistema de promoción para la FAN, se abre el primer concurso para el financiamiento de proyectos en nanotecnología. La FAN financiaría entre el 50% y el 80% del costo de los proyectos con un monto máximo dos millones de dólares y sin tope mínimo, mientras que la contraparte debía hacerse cargo de la inversión correspondiente. La convocatoria incluía empresas, instituciones públicas y grupos de investigación y se financiarían los proyectos que se propusieran finalizar con un producto o proceso de micro o nanotecnología para ser comercializado en el mercado o que incluyeran planes de negocios que mostraran la factibilidad de las iniciativas (Clarín, 2006; Andrini y Figueroa, 2008). Al concurso se presentaron 20 ideas-proyecto y se aprobaron diez,¹³ aunque solo el proyecto de INIS-Biotech, empresa de la Fundación Instituto Leloir, logró avanzar y recibir financiamiento.¹⁴ Los obstáculos decisivos de este período fueron, en primer lugar, la escasez de empresas, así como el exceso de burocracia y los desacuerdos en el consejo asesor.

Debido a los obstáculos que encontró para financiar proyectos —en especial, problemas internos de gestión en el Consejo, que se sumaban al desconocimiento de la estructura productiva nacional, la cual apenas empezaba a conocer la nanotecnología y cuya participación en estos proyectos era fundamental—, la FAN parece no encontrar un rumbo durante 2006 y comienzos de 2007. En este contexto, un hito importante fue la organización del Congreso Nanomercosur, el primer evento de difusión de la nanotecnología, organizado junto con el MinEYP en 2007 en Buenos Aires (Saber Cómo, 2007).¹⁵ La creación del MINCyT en diciembre de 2007 y el paso de la FAN a su dependencia no mejoraron su situación.¹⁶

140

El vacío inicial de actividades de la fundación comenzó a revertirse en 2011, cuando asume la presidencia de la FAN el ingeniero Daniel Lupi, hasta ese momento director Ejecutivo,¹⁷ quien propone reorientar las actividades hacia la divulgación y difusión de la nanotecnología a escala nacional: “[...] empezar a difundir entre los más jóvenes, avanzando y avanzando, hasta llegar al final a la industria”.¹⁸ De esta forma, a las ediciones bianuales del Nanomercosur, se fueron sumando otros programas: Nanotecnología para la Industria y la Sociedad —motivado en que “los científicos y los empresarios hablan idiomas distintos” y este programa, según el vicepresidente de la FAN, se proponía “juntarlos y que se entiendan”—;¹⁹ el concurso “Nanotecnólogos por un día” —enfocado en difundir la nanotecnología en las escuelas

13. Se adjudicaron los proyectos las siguientes empresas e instituciones: Darmex SA, Renacity Investment SA, Bell Export SA, Over SRL, Nanotek SA, CONICET-INTI, Fundación Instituto Leloir, Fundación Protejer, CNEA-CONAE (Andrini y Figueroa, 2008, p. 34-35).

14. El proyecto fue cofinanciado con el Instituto Nacional del Cáncer de Estados Unidos y se proponía la determinación del perfil genómico de los tumores de mama en pacientes de países de la región con el objetivo de mejorar su pronóstico y tratamiento.

15. Posteriormente, la FAN empezó a organizar ediciones bianuales de los congresos Nanomercosur.

16. Para un estudio acerca de la trayectoria de la FAN puede verse: Surtayeva y Hurtado (2019).

17. Lupi había dirigido el Centro de Investigación en Telecomunicaciones Electrónica e Informática del INTI entre 1995 y 2005.

18. Comunicación con Daniel Lupi, 10 de octubre de 2017.

19. Comunicación con Guillermo Venturuzzi, 27 de abril de 2017. Venturuzzi se desempeña como vicepresidente de la FAN desde 2010 hasta el momento de finalización de este trabajo en febrero de 2020.

de nivel secundario—; el programa Nano U —actividades orientadas a estudiantes universitarios—; el programa Nano Educación —plataforma virtual de capacitación en nanotecnología orientada a los docentes de niveles primarios y secundarios—; y la presencia de la FAN en la feria de ciencia y tecnología Tecnópolis, donde se expone al público conceptos básicos de la nanotecnología, sus aplicaciones y beneficios.

En 2011, como segunda línea de acción, detrás de la difusión y la divulgación, la FAN presentó el Programa de Inversión en Emprendimientos de alto contenido en Micro y Nanotecnología, orientado a proyectos de desarrollo de productos o procesos con un punto de partida de las ideas surgidas de trabajos científicos. Los investigadores podrían participar como desarrolladores de sus ideas y llevarlas hasta un prototipo que mostrara su factibilidad (*Noticiastectv*, 2013). Para aquellos proyectos que lograran atravesar esta primera etapa de alto riesgo, llamada “Pre-Semilla”, y alcanzaran el prototipo, el programa permitía pasar a la etapa “Semilla”, que financiaba el escalado productivo del prototipo. Mientras que de los fondos Pre-Semilla no se espera que sean devueltos, los Semilla son “fondos que se espera recuperar a través de royalties, compartiendo el riesgo”, comenta el presidente de la FAN.²⁰

Una tercera línea de acción se incorporó a partir de la construcción de un edificio para la FAN de 1600 metros cuadrados con instalaciones y equipamientos propios, ubicado en un predio cedido por la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) a fines de 2010. Ahora la FAN podría sumar la incubación de empresas a sus funciones (Toledo, 2013, p. 28). La iniciativa, posteriormente llamada Laboratorio Nanofab, además de la idea original de incubación de empresas sumaría el ofrecimiento de sus instalaciones como plataforma tecnológica de servicios, buscando optimizar la compra de equipamiento. Finalmente, una vez concebidas las instalaciones, se apuntaría a cobrar “los servicios operativos”.²¹ El edificio se inauguró a fines de 2015 y se iniciaron las actividades del Programa Nanofab de incubación en 2016. Al cierre de este trabajo, a principios de 2020, se incubaban en la FAN doce empresas de base tecnológica.

La primera empresa incubada fue Chemtest, creada en 2013 por un grupo de investigadores, enfocada en el desarrollo, producción y comercialización de tests de diagnóstico, que combinan bio y nanotecnología, para enfermedades infecciosas en dos formatos: la plataforma de Elisa y las tiras reactivas de flujo lateral.²² Entre las enfermedades que detecta, están el mal de Chagas, la brucelosis y el síndrome urémico hemolítico. El biotecnólogo Diego Comerci —investigador del Instituto de Investigaciones Biotecnológicas, dependiente de UNSAM y CONICET—, uno de los fundadores de Chemtest, explicó que el emprendimiento fue posible por la colaboración de los biotecnólogos del Instituto de Investigaciones Biotecnológicas (UNSAM-CONICET) con los ingenieros del INTI.²³

20. Comunicación con Daniel Lupi, 10 de octubre de 2017.

21. Comunicación con Daniel Lupi, 10 de octubre de 2017.

22. Esta empresa tuvo sus orígenes en el proyecto Nanopoc del FONARSEC, que fue seleccionado como uno de los tres proyectos “más exitosos” por el Banco Mundial, el BID y el MINCYT y ANPCyT.

23. Comunicación con Diego Comerci, 13 de julio de 2017.

La empresa Argentum Texne²⁴ fue creada 2014 por un grupo de investigadores de la CNEA, la UNSAM y la empresa privada Bell Export. Su laboratorio se encuentra en el edificio de la FAN, donde la empresa diseña, desarrolla y fabrica sistemas de olfatometría con aplicaciones potenciales en control de calidad y desarrollo de industria alimenticia y cosmética, diagnóstico médico, monitoreo del medio ambiente, seguridad y toxicología, detección de narcóticos, o sistemas de acondicionamiento de aire. También se proponen diseñar nanomateriales para sensores detectores de contaminantes en oxígeno; sistemas de separación de sólidos, líquidos y gases; válvulas de alta seguridad e instrumentos de medición de gas nitrógeno y oxígeno para el área de la medicina y la industria farmacéutica y alimenticia (Argentum Texne, 2020).

En el caso de la empresa de biotecnología Inmunova, creada en 2009, enfocada en el desarrollo de vacunas recombinantes y nanoanticuerpos terapéuticos innovadores a través de lo que se conoce como ingeniería en proteínas y anticuerpos, sus desarrollos están basados en una plataforma propia y patentada denominada Inmuno MultiCarrier (IMC) y en la tecnología de nanoanticuerpos (VHH). Uno de los socios fundadores, el doctor Linus Spatz, comentó que no están técnicamente incubados en el Nanofab, dado que pagan alquiler. Si bien la empresa ha logrado generar ingresos, aún no obtiene ganancias y se sostiene en parte con “aportes de los accionistas e inversores en general”.²⁵

142

La empresa de bioingeniería Mabb, creada en 2006, diseña y fabrica implantes dentales reemplazando materiales convencionales como titanio por materiales cerámicos nanoestructurados por medio de la tecnología de moldeo de cerámicas por inyección (CIM), técnica que permite producir piezas con geometrías similares a las disponibles en plástico, pero aprovechando las virtudes inertes y de resistencia de los materiales nanocerámicos. Esta empresa, que cuenta con dos socios que vienen del sector nuclear, recibió en 2013 un proyecto Pre-Semilla para desarrollar un prototipo de una máquina para hacer inyección a ultra alta presión y también ganó algunos premios. Desde 2016 se encuentra incubada en la FAN, donde cuenta con un sistema de producción CIM. “Comercialmente se está arrancando, no se factura mucho, pero se factura”, explica el gerente de producción de Mabb. El objetivo de esta empresa es lograr vender el proceso llave en mano. La decisión de producir se basa en demostrar que la empresa domina el proceso.²⁶

La empresa Dynami, que hace desarrollos para baterías de litio ultradelgadas y personalizadas, está incubada por la FAN desde 2017. Su fundador, el ingeniero electrónico Sergio Barón, comentó: “Nosotros tenemos un conjunto de soluciones, de baterías, esto es tecnología y prototipos [...]. Nuestro producto, la batería ultradelgada de Dynami, está embebida dentro del producto del cliente”. El principio básico es el uso de material nanoestructurado, que presenta una muy buena relación entre superficie específica de un material versus el volumen, dado que es en la superficie

24. Más información en: <https://www.argentumtexne.com.ar/>.

25. Comunicación con Linus Spatz, 3 de agosto de 2017.

26. Comunicación con Bernardo Villares Had, 7 de junio de 2017.

donde se insertan los iones de litio. Explica Barón: “Hicimos todo esto en muy poco tiempo a través de un convenio y un apoyo muy fuerte de la FAN, que está asociada con Y-TEC y todos juntos hacemos este desarrollo tecnológico”.²⁷

La empresa Panarum desarrolla y comercializa medicamentos y productos nanofarmacéuticos a medida del cliente, aplicando nanotecnología en polímeros, proteínas y liposomas para industria farmacéutica, desde la formulación, hasta la fabricación a escala, a través de la encapsulación y liberación controlada de ingredientes activos. El producto final son especialidades medicinales para laboratorios farmacéuticos. La bioquímica Milena Batalla, fundadora de Panarum, ganó el primer premio del concurso IB50K, de planes de negocio del Instituto Balseiro, con lo que obtuvo el capital inicial para comenzar con la empresa, inició las actividades de I+D alquilando un laboratorio privado y recibió apoyo de la FAN (Panarum, 2018).

Ebers diseñó plantillas con nanotecnología con el objetivo de combatir las consecuencias de la diabetes, a través de sensores de presión, temperatura y humedad, que monitorean la planta del pie del paciente con diabetes.²⁸ Uno de los objetivos de esta plantilla es detectar posibles lastimaduras o exceso de presión en alguna parte específica del pie, para evitar la formación de úlceras o infecciones que pudieran desencadenar una amputación del miembro. La iniciativa, a cargo de dos ingenieros biomédicos de la Universidad Nacional de Córdoba, se encuentra incubada en el laboratorio Nanofab de la FAN (Ebers, 2019; *La Voz*, 2017).

Las últimas empresas en ser incubadas fueron: Nanotica,²⁹ que desarrolla prototipos de productos a pedido para la industria agrícola utilizando nanovehículos a través de la nanoencapsulación de ingredientes activos para disminuir las dosis de agroquímicos en los cultivos; Mirai 3D,³⁰ que desarrolla soluciones para la salud basadas en la combinación de impresión 3D y materiales avanzados; Zev Biotech,³¹ que produce kits de diagnóstico molecular para laboratorios de análisis clínico, hospitales y centros de salud públicos y privados de países emergentes; Enlace Molecular,³² que desarrolla *software* a medida para laboratorios según requerimientos específicos y ofrece servicios de consultoría para la mejora de procesos con el objetivo de dar soluciones informáticas a la industria farmacéutica; y Gisens Biotech,³³ que se enfoca en la bioelectrónica, a través del diagnóstico portátil impulsado por la nanotecnología.

Además de estas actividades de difusión, promoción e incubación, la FAN también participó en un programa de cooperación internacional entre Argentina y la Unión Europea (UE), encuadrado en el Séptimo Programa Marco de la UE, el Programa de Cooperación al Fortalecimiento de la Competitividad de las pymes y Creación de Empleo en Argentina, centrado en micro y nanotecnología, cofinanciado entre el

27. Conferencia de Sergio Barón de Dynami en Nanomercosur 2017, 26 de septiembre de 2017.

28. Más información en: <https://www.ebers.com.ar/>.

29. Más información en: <http://nanotica.com.ar/>.

30. Más información en: <https://www.modelosmedicos.com/>.

31. Más información en: <http://zevbiotech.com/>.

32. Más información en: <http://enlacemolecular.com.ar/>.

33. Más información en: <https://www.gisensbiotech.com/>.

MINCyT y la UE (MINCyT, 2012, pp. 48-49 y p. 105). Esta plataforma, mejor conocida como Nanopymes, firmada en 2011, preveía 66 meses de funcionamiento y su objetivo era contribuir al incremento del empleo, la mejora de la competitividad y el agregado de valor a través de la introducción de micro y nanotecnología en las pymes argentinas. El programa definía cuatro áreas de intervención: metalmecánica, agroalimentos, salud y electrónica. Para su financiamiento, contó con un presupuesto de 19,6 millones de euros, aportados en partes iguales por Argentina y la UE. Sus objetivos incluían: una campaña de “motivación y sensibilización” sobre las nanotecnologías; la capacitación en gestión empresarial para pymes; definición de sectores estratégicos e identificación de sus demandas; y la adquisición de equipamiento para “centros de excelencia”. El proyecto incluía, por último, una convocatoria a Proyectos Regionales Integrados (PRIS) con participación de pymes, laboratorios y universidades.³⁴

El eje PRIS se orientó a resolver con aplicación de micro y nanotecnología problemas o limitantes productivos en los cuatro sectores seleccionados. La FAN se presentó a la convocatoria y, gracias a su cartera de empresas, pudo financiar 18 proyectos de empresas apoyadas por diferentes instituciones públicas de ciencia y tecnología. Para esta línea, la FAN contó con poco más de dos millones de euros, pero los proyectos, a pedido del MINCyT, debían ejecutarse en 18 meses. Los beneficiarios recibían un aporte no reembolsable por el 80% de su proyecto, debiendo aportar la contraparte restante. Lupi explicó que, dado que 18 meses para llegar al mercado era un tiempo escaso, apelaron a los grupos de investigación que la FAN conocía.³⁵ Y agregó que “había que demostrar que estos 19 millones de euros que le habían puesto del otro lado llegaban al mercado, sino el proyecto fracasaba”.³⁶

144

Como resultado, varias empresas se vieron beneficiadas en la adquisición de equipamiento para sus procesos productivos (Omega Sur, Biochemiq, Bell Export, Lipomize y Ceprofarm), mientras que otras como Nanotica y Lipomize destacaron las capacitaciones que fueron brindadas, como por ejemplo la participación en ferias productivas y asistencia técnica al proceso productivo de las empresas. Algunas lograron incorporar la nanotecnología a sus procesos productivos tradicionales o comenzaron una nueva línea de producción. Este es el caso de Adox, cuyo desarrollo fue un desinfectante con nanopartículas de plata, y a raíz del cual la empresa mantiene vínculos con el sector científico, llevando a cabo proyectos de desarrollo en conjunto. Se incluye también a LH Plast, que llevó a cabo una innovación a base de nanotecnología (lubricante para sellos hidráulicos), aunque esto no le reportó beneficios económicos por el momento, aunque sí beneficios técnicos en su proceso productivo, y a Penta, que desarrolló un chip para ser utilizado en detectores de metales en alimentos. Otras empresas —tales como Chemisa, Lipomize, LiZys, MZP y Ceprofarm— ya estaban trabajando con nanotecnología antes de presentarse al programa, con lo cual aprovecharon los fondos para perfeccionar sus líneas productivas. A algunas otras no les fue bien y el desarrollo quedó abandonado o inconcluso, como son los casos

34. Para más información sobre el programa, véase: <http://www.nanopymes.mincyt.gov.ar/>. Consultado el 9 de enero de 2019.

35. Las empresas participantes fueron: Omega Sur, Biochemiq, Bell Export, Adox, Nanotica, Chemisa, Prokrete, Solcor, Laboratorio Mayors, LH Plast, Silmag, Lipomize, Penta, UGA Seismic, LiZys, MZP, Ceprofarm y Jenck.

36. Comunicación con Daniel Lupi, 10 de octubre de 2017.

de Silmag —cuyo desarrollo involucraba un catéter biomédico con nanopartículas de plata—, Laboratorio Mayors —por dificultades técnicas, competencia y falta de fondos, dado que el subsidio del PRIS tuvo demoras en su desembolso—, Solcor, UGA Seismic y Jenck —por dificultades técnicas y demoras en la adquisición de equipos. El caso de Prokrete, que estaba trabajando en el desarrollo de un recubrimiento para pisos industriales con nanopartículas, presentó discrepancias entre la versión del industrial y el investigador, por lo cual no es posible saber si el proyecto continuó o fue dado de baja (Surtayeva, 2019).

4. Empresas argentinas de nanotecnología

Dado que el objetivo de este artículo es determinar cuáles fueron los efectos multiplicadores de las políticas que promovieron la nanotecnología entre 2003 y 2018, cobra relevancia el sector productivo. En primer lugar, se debe tener en cuenta que la nanotecnología no puede ser atribuida a una industria o una rama industrial específica, por lo que se generan discrepancias al momento de contabilizar empresas relacionadas con nanotecnología. Sin embargo, existen “empresas dedicadas a la nanotecnología”.³⁷ En este trabajo se considera como empresas de nanotecnología a aquellas empresas que: i) sean de capitales nacionales (se excluyen empresas importadoras de nanotecnología y empresas usuarias, filiales y empresas representantes de otras del exterior, dado que no realizan procesos nanotecnológicos dentro del país); y ii) tengan productos y procesos vinculados a la nanotecnología o, en algunos casos, a la microtecnología en el mercado, desarrollados por sí mismas o en conjunto con algún grupo de investigación o que cuenten solamente con proyectos de I+D de nanotecnología, aunque estas actividades no sean mayoritarias en la actividad total de la empresa.

145

El proceso de búsqueda arrojó 54 empresas en total.³⁸ Sin embargo, se distingue entre aquellas empresas que ya cuentan con aplicaciones propias en el mercado y

37. Hay varios estudios que presentan un inventario de empresas de nanotecnología argentinas. Así, Vila Seoane (2011) identifica 45 empresas nanotecnológicas a 2011. El trabajo de Záyago Lau, Foladori, Carroza, Appelbaum, Villa y Robles-Belmont (2015) identificó 58 empresas, mientras que un trabajo posterior del mismo conjunto de investigadores llegó a contabilizar la cantidad de 37 empresas (Foladori *et al.*, 2017c). Por otra parte, según un estudio de consultoría del MINCYT publicado en 2016, aunque realizado entre octubre de 2012 y diciembre de 2013, las empresas de nanotecnología en Argentina alcanzaron un total de 83 (MINCYT, 2016a, p. 47). Estas discrepancias pueden atribuirse a los distintos criterios que fueron utilizados en cada estudio para determinar qué es una “empresa de nanotecnología”. Así, muchas empresas pueden ser usuarias de desarrollos nanotecnológicos, como de nanomateriales en sus procesos productivos, sin necesariamente tener o desarrollar algún tipo de proceso específico para su producción, el cual puede estar desarrollado en otra empresa.

38. La metodología seguida para identificar a las empresas fue, en primer lugar, la realización de una búsqueda sistemática de información, utilizando varias fuentes: artículos científicos, informativos y de divulgación; informes y consultorías; convocatorias públicas; conferencias académicas; entrevistas con representantes de empresas e investigadores; notas o artículos periodísticos en diferentes medios de comunicación. En segundo lugar, los datos obtenidos fueron validados a través de los siguientes criterios: un reconocimiento explícito de la aplicación o utilización de la nanotecnología por parte de la empresa en su sitio web; la existencia de algún tipo de material de marketing del producto que muestra el contenido de la nanotecnología; algún representante o vocero de la empresa que reconoce el uso de la nanotecnología en artículos, entrevistas o presentaciones públicas.

aquellas que solo cuentan con proyectos de I+D de nanotecnología. De esta forma, entre las empresas que cuentan con aplicaciones propias se contabilizaron 28 y entre las que solo cuentan con proyectos de I+D de nanotecnología o que todavía no comercializan sus desarrollos, se ubican 26 empresas. Aunque, es importante señalar que muchas de las empresas identificadas no basan sus actividades principalmente en la nanotecnología, sino que desarrollaron o están desarrollando algún producto a base de nanotecnología que integra su línea productiva.

En el siguiente cuadro se presentan las 28 empresas que cuentan con aplicaciones propias en el mercado y comercializan productos a base de nanotecnología:

Cuadro 1. Empresas que cuentan con aplicaciones de nanotecnología y microtecnología

| Nombre de la empresa | Ubicación geográfica | Fecha de creación | Tamaño (número de empleados) | Tipo de nanotecnología/microtecnología que usa | Facturación anual aproximada | Vinculación con sistema científico | Sitio web de referencia | Fecha de búsqueda |
|----------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|---|--|------------------------------------|---|-------------------|
| Nanotek | Santa Fe | 2006 | | nanopartículas, procesos utilizando nanopartículas y nanoproductos | 3 millones de pesos (2014) | Si | http://www.nanoteksa.com/ | 1/5/19 |
| Eriochem | Entre Ríos | 2000 | 360 | genéricos oncológicos | Entre 24 y 29 millones de dólares (2017) | Si | http://eriochem.com.ar/ | 1/5/19 |
| Laring | CABA | 1984 | 60 | productos químicos para la industria de tratamiento de superficies | 5 millones de dólares (2017) | Si | http://laring.com/ | 1/5/19 |
| Adox | Ituzaingó | 1994 | 60 | productos químicos | Entre 50 o 60 millones de pesos (2017) | Si | http://adox.com.ar/ | 1/5/19 |
| Nanotica | Morón | 2015 | 5 | prototipos de productos para la industria agrícola utilizando nanovehículos | 32.000 dólares (2016) | Si | http://nanotica.com.ar/ | 1/5/19 |
| Gihon | Mar del Plata | 1991 | 40 | micro y nanoencapsulación | 3,3 millones de dólares (2015) | Si | https://www.gihonlab.com/ | 1/5/19 |
| Bell Export | Córdoba | 1989 | | equipos para la generación de gas oxígeno, ozono y nitrógeno | | Si | http://www.invabio.com.ar/ | 1/5/19 |
| Chemisa | Morón | 1994 | | productos químicos para pre-tratamiento de superficies metálicas | 1.500.000 dólares (2017) | Si | http://www.chemisa.com.ar/ | 1/5/19 |
| LH Plast | Córdoba | 2006 | 8 | sellos hidráulicos | | Si | http://lhplast.com.ar/ | 1/5/19 |
| Lipomize | Santa Fe | 2012 | 10 | insumos liposomales a pedido | 5 millones de pesos (2016) | Si | http://www.lipomize.com/ | 1/5/19 |
| Penta | Bahía Blanca | 1976 | | detectores de metales | | | http://www.detectorespenta.com/penta.html | 1/5/19 |
| LiZys | Río Negro | 2015 | 2 | nanopartículas magnéticas y nanomateriales magnéticos | | Si | http://lizys.com.ar/ | 1/5/19 |
| MZP | Río Negro | 2016 | 3 | equipos de diagnóstico clínico portátiles basados en microtecnología | | Si | http://www.mzptec.com/ | 1/5/19 |
| Red Surcos | Santa Fe | 2008 | 250/300 | insumos y servicios agropecuarios | 116,8 millones de dólares (2016) | | https://www.redsurcos.com/ | 1/5/19 |

| | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------|------|-------|---|------------------------------------|----|---|--------|
| Unitec Blue | Chascomús | 2013 | 35 | tarjetas inteligentes, circuitos integrados y etiquetas | | Si | http://www.unitecblue.com.ar/ | 1/5/19 |
| Melt | Campana | | | recubrimientos nanoestructurados y análisis de riesgo para nanomateriales | | | | |
| Dhacam | CABA | 1990 | 24/28 | nanoesferas y liposomas | | Si | https://www.dhacam.com.ar/ | 1/5/19 |
| Enorza | CABA | 2010 | 4 | liposomas y microesferas | Entre 200 y 300 mil dólares (2017) | Si | https://www.enorza.com.ar/ | 1/5/19 |
| Mutech Microsystems | Río Negro | 2018 | 2 | equipos y herramientas de micro y nanofabricación litográfica | | | https://mutech.com.ar/ | 1/5/19 |
| ArsUltra | CABA | 2012 | 5 | sensores para la industria aeroespacial | | Si | http://www.arsultra.com/ | 1/5/19 |
| Satelogic | CABA | 2010 | | componentes nano para satélites | | Si | https://satelogic.com/ | 1/5/19 |
| OVER | Santa Fe | 1981 | | sistemas de liberación controlada de drogas | | Si | http://www.over.com.ar/ | 1/5/19 |
| Cremigal | Entre Ríos | 1979 | | proceso de nanofiltrado | | | http://www.cremigal.com/web/ | 1/5/19 |
| Laboratorios Pharmatrix | Ramos Mejía | 1992 | | liposomas, nanocápsulas, nanopartículas | | | http://pharmatrix.com.ar/ | 1/5/19 |
| Indarra | CABA | 2007 | | micro y nanoencapsulados en textiles | | | | |
| Fabriquímica | San Martín | 1961 | | liposomas, microemulsiones y nanoesferas | | | http://www.fabriquimica.com/ | 1/5/19 |
| ELEA | Los Polvorines | 1939 | | tratamiento contra los piojos con nanopartículas | | Si | https://www.elea.com/ | 1/5/19 |
| Ecosol | CABA | 2003 | | paneles calefactores que contienen nanopartículas de plata | | | https://www.ecosol.com.ar/ | 1/5/19 |

Fuente: elaboración propia

Por su parte, las empresas que no aplican aún la nanotecnología en sus productos, procesos o servicios, y aquellas que poseen desarrollos nanotecnológicos, pero aún no los comercializan, arrojaron un total de 26.³⁹

Del total de 54 empresas, 10 empresas desarrollan actividades también en microtecnología además de nanotecnología (Gihon, Enorza, Mutech Microsystems, ArsUltra, Laboratorios Pharmatrix, Indarra, Fabriquímica, Ceprofarm, Nairoby y Tenaris) y tres solamente en microtecnología (Unitec Blue, MZP y Omega Sur). Por otro lado, en cuanto a la ubicación geográfica, las empresas se concentran fuertemente en

39. Estas son: Electropart Córdoba, Alloys, Essen, Y-TEC, Omega Sur, Ceprofarm, Tenaris Siderca, INVAP, Laboratorios Bacon, NanoSoluciones, Chemtest, Argentum Texne, Inmunova, Mabb, Dynami, Panarum, Ebers, Mirai 3D, Zev Biotech, Gisens Biotech, Enlace Molecular, Hybridon, Nanocellu-Ar, Nairoby, Kohlenia y Rasa Protect.

la provincia de Buenos Aires (29), mientras que CABA reúne ocho empresas, Santa Fe siete, Córdoba y Río Negro cuatro cada una, y Entre Ríos reúne dos. Además, la mayoría (32) son empresas creadas a partir de 2003, momento en que el gobierno argentino empezó a implementar políticas para promover el área, siendo las restantes 22 creadas antes del *boom* nanotecnológico. Este dato permite observar que 22 empresas generaron procesos de diversificación tecnológica coherente con su base de conocimiento y actividades previas, mientras que muchas de las 32 empresas aprovecharon el boom de la nanotecnología para orientar sus actividades productivas. En general, es posible afirmar que la nanotecnología presenta fuertes posibilidades de complementariedad con las actividades productivas existentes. El caso de Tenaris, INVAP e Y-TEC muestra que las firmas con conocimientos, aprendizajes y redes desarrolladas poseen intereses en invertir en el desarrollo de la nanotecnología, integrándola a sus líneas productivas. Pero, además, muchas nuevas empresas surgieron enfocadas en su totalidad en las ventajas que ofrece la nanotecnología a las diversas ramas industriales. Tal es el caso de Nanotek, como el caso más destacable, aunque no se trata del único emprendimiento totalmente enfocado en la nanotecnología. Se pueden citar aquí los casos de Nanotica, Lipomize, Red Surcos, LiZys y Nanosoluciones, entre otras.

En el caso de Nanotek, creada en 2006 como un desprendimiento de Service Management, una empresa que brinda servicios para fletamento marítimo o fluvial, la nanotecnología fue el foco desde el inicio, dado que los dueños buscaban innovar y diversificar la actividad de la mencionada empresa y de esa forma se relacionaron con investigadores del INGAR, donde surgió la posibilidad de trabajar con nanopartículas. A partir de la asociación de inversores privados con un investigador del CONICET fueron desarrolladas las nanopartículas de hierro buscando su aplicación en remediación ambiental, aunque desde la empresa relataron que en aquellos momentos —2005 y 2006— algunos investigadores se alejaron del emprendimiento por temor a perjudicar su carrera científica, dado que la relación entre empresarios e investigadores estaba muy mal vista desde el sistema científico. El único investigador que se quedó había estado trabajando en la industria en su juventud y posteriormente se integró al sistema científico. En los primeros años de funcionamiento de la empresa, la inversión de los socios fue mayor a los ingresos y hubo escasas ventas. Así, durante los primeros seis años de funcionamiento de la empresa la inversión privada de los socios fue de 10 millones de pesos. En 2008, Nanotek llevó a cabo una obra de descontaminación en una central hidroeléctrica contaminada con PCB, lo que fue su primera “facturación importante”, y siguió desarrollando nanopartículas, de plata, óxido, entre otras, para ser aplicados en productos y procesos en diversos sectores industriales como en ambiente, pinturas, cosméticos, plásticos, materiales de construcción. Además, se encuentra en constante expansión y diversificación de productos, para lo cual cuenta con su propio laboratorio de I+D y está fuertemente vinculada al sistema científico. Actualmente, Nanotek produce nanopartículas (nanometales, nanoóxidos y nanoaleaciones), desarrolla procesos utilizando nanopartículas (para remediación ambiental, mitigación de arsénico en aguas de napas, de impregnación de nanopartículas en textiles) y nanoprodutos para ser incorporados (como estabilizadores de suelos, pinturas, vestuario y accesorios de uso hospitalario, calzados, ropa deportiva). La estrategia de Nanotek se resume en la venta de nanomateriales aplicados a productos finales, proveyendo nanotecnología

a las empresas interesadas en desarrollar dichos productos. Para proteger sus procesos y productos, Nanotek utiliza el secreto industrial y su principal dificultad como empresa es la comercialización de sus productos, dado que los clientes desconocen de qué se trata la nanotecnología. Al respecto, agregaron que hacia 2015 y 2016 varias empresas se vienen acercando cada vez a Nanotek en busca de incorporar desarrollos novedosos a sus líneas productivas. Desde la empresa lo atribuyen a un “cambio en la mentalidad industrial”, aunque paradójicamente explican que existe una baja en el consumo en el mercado interno: “El mercado argentino cada vez consume menos y necesitan salir al mercado extranjero, pero si no tiene un valor agregado no compiten”.⁴⁰ Hacia 2014 la facturación anual aproximada de la empresa era de tres millones de pesos (Surtayeva, 2019).

Por otro lado, en el país existen muchas empresas pequeñas especializadas en nanotecnología y, complementariamente, las *start-ups* jugaron y juegan un rol clave en el desarrollo económico de la nanotecnología. Así, de 54 empresas 23 se originaron como *start-ups* (alrededor del 43%), dato que se relaciona con lo que hace a las vinculaciones entre empresas y el sistema científico, que representa un número elevado. De esta forma, tanto desde las empresas que comercializan desarrollos nanotecnológicos o aquellas que aún no lo hacen, sus representantes indicaron estar vinculadas con grupos o institutos de investigación, universidades nacionales y organismos como CNEA, INTI, entre otras. En total, de 54 empresas, 42 mantienen o mantuvieron vinculaciones con el sistema científico, lo que representa alrededor de un 78%. Asimismo, en su mayoría, se trata de PyMES con 20 empleados aproximadamente, cuya facturación oscila entre los 116 millones de dólares, la cifra más alta, y 32 mil dólares, la cifra más baja.

149

Por último, se clasificó a las empresas según sectores o áreas de especialidad o de las posibles aplicaciones de sus productos con nanotecnología. Algunas empresas pertenecen a más de una categoría, pues sus aplicaciones nanotecnológicas cubrían más de una industria. La mayor cantidad de empresas desarrollan aplicaciones para la industria farmacéutica y la salud humana (11). En segundo lugar, se encuentran las empresas que desarrollan productos para la agroindustria y alimentos (6), instrumentos y equipos (6), aquellas que están trabajando en actividades y productos relacionados con la industria química, incluyendo principalmente tratamientos superficiales y productos de limpieza (5) y las relacionadas a la industria biomédica (5). El resto de las aplicaciones son parejas entre sí: industria del plástico y envases (4), industria metalúrgica y siderúrgica (2), energía y minería (4), industria cosmética (4), medioambiente (2), industria aeroespacial (2), industria textil (2), industria electrónica (3) y otras (3). La clasificación de las empresas según sus aplicaciones nanotecnológicas muestra que la participación dominante proviene de emprendedores del sector nuclear y espacial, del INTI y de la biotecnología, a través de la colaboración con institutos de CONICET y algunas universidades públicas —lo que se ve por ejemplo en empresas como ArsUltra, Satellogic, LiZys, MZP, Enorza, Mutech Microsystems, Argentum Texne, Inmunova, Dynami, Panarum, Kohlenia, Chemtest y ZEV Biotech, entre otras.

40. Comunicación con Horacio Tobías de Nanotek, 10 de mayo de 2017.

En cuanto a los desafíos y obstáculos que enfrentan las empresas nacionales se encuentran los problemas de vinculación entre el sector productivo y los investigadores, que incluye principalmente problemas de lenguaje para abordar problemáticas en conjunto. Otros desafíos son la falta de financiamiento productivo, en particular para el escalado de prototipos y para las pruebas de concepto de productos y la carencia de capital de riesgo. Asimismo, la difusión es otro desafío para la promoción del área, ya sea por las posibles aplicaciones de la nanotecnología en un proceso industrial, así como también para los clientes o consumidores (Surtayeva, 2019).

Según algunos artículos periodísticos de 2013, las empresas argentinas involucradas en actividades relacionadas con la micro y nanotecnología hacia 2015 se proyectaban en 400. Por ejemplo, Águeda Menvielle, que fue directora de relaciones internacionales del MINCyT (1998-2016) y tuvo a su cargo el programa Nanopymes, sostenía por aquel entonces: “El sector, en 2015, abarcará a 400 pymes en todo el país (hoy son más de 30, según el boletín de la Fundación Argentina de Nanotecnología, FAN) y empleará, en forma directa, a 11.000 personas” (*El Cronista*, 2013). Contrariamente a lo que ahí se sostenía, según este trabajo existen en el país 54 empresas vinculadas con actividades nanotecnológicas, de las cuales 28 cuentan con productos a base de nanotecnología disponibles en el mercado.

Conclusiones

150

La trayectoria de las políticas de promoción a la nanotecnología en el período presentado (2003-2018) permite sacar ciertas lecciones. En primer lugar, las políticas que promovieron la nanotecnología se caracterizaron por sucesivas reformulaciones, que pueden verse en las conceptualizaciones de la nanotecnología como área de vacancia, tecnología estratégica y, finalmente, como TPG. Estas reformulaciones se explican 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. Sin embargo, los resultados alcanzados a la fecha muestran 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 también son inconmensurables.

En este sentido, la inversión pública total en nanotecnología realizada por Argentina hacia 2015 podría estimarse en 80 millones de dólares, mientras que 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). Solamente hacia 2018 la NNI recibió 1200 millones (NSTC, 2017). En cuanto a las capacidades organizacionales e institucionales de gestión de las tecnologías, el proceso de diseño de las líneas de financiamiento que apuntaron a promover la nanotecnología desde el sector público no fue acompañado por esfuerzos de diseño de nuevas formas de organización, del mejoramiento o adaptación de los marcos regulatorios, de formación de competencias para la comercialización, así como de coordinación institucional acordes a las especificidades que el impulso de una nueva TPG supone. En este sentido, 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. En términos de Herrera (1995), se puede decir que, mientras la política explícita indicaba que las inversiones en nanotecnología debían enfocarse en aumentar la competitividad de la economía (SECyT, 2006; MINCyT, 2012), la política implícita apuntó en otra dirección. Así, en la práctica, las políticas que promovieron la nanotecnología se concentraron mayormente en la generación de recursos de financiamiento de actividades de investigación y desarrollo —rasgo que se puede ver en la formación de recursos humanos y en la adquisición de equipamiento para los centros de investigación como principales resultados visibles—, 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 muy visible en los FONARSEC—, todas condiciones que deberían acompañar la decisión de asimilar una nueva TPG en su etapa de irrupción.⁴¹

En segundo lugar, la política de nanotecnología también incluyó la reformulación de metas institucionales, a través de los cambios en las prioridades de la FAN y su función principal a lo largo de su trayectoria. Inicialmente, el objetivo de la FAN se centró en el aumento de la competitividad de la economía, aunque por las condiciones propias que impone el sistema económico nacional, sus objetivos se empezaron a orientar hacia la difusión y comunicación de la nanotecnología en varias esferas. Finalmente, a partir del 2011, luego de un cambio de gestión, la FAN incorporó líneas para el financiamiento de proyectos a través de los Pre-Semilla y Semilla y el laboratorio Nanofab. Además de estas funciones, la FAN participó en el programa Nanopymes. Así, luego de más 15 años de funcionamiento, la FAN logró impactar sobre el desempeño de las empresas al nivel de casos testigos, principalmente a través del Pre-Semilla, su participación en la plataforma Nanopymes y de los 12 emprendimientos incubados por Nanofab.

151

En tercer lugar, es posible hablar de procesos de aprendizaje y de impacto a nivel de casos testigo. 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. 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. Sin embargo, los FONARSEC posibilitaron avances de magnitud en términos 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 y el *know how* sobre cómo operar equipamiento científico-tecnológico de alta complejidad; el afianzamiento de los vínculos entre el sector científico-tecnológico y el sector privado; el trabajo interdisciplinario; la obtención de prototipos; la instalación de plantas piloto industriales; y la creación de una *spin-off* de capital nacional.

41. En las políticas tecnológicas de los países centrales el financiamiento en la etapa de comercialización es vital. En el caso argentino, la retirada del Estado en las etapas de escalado industrial de los prototipos desarrollados y en la comercialización constituye un punto que evidencia que la nanotecnología no fue tomada como una TPG desde las políticas, pese a ser caracterizada de esta forma oficialmente.

Siguiendo el interrogante principal de este artículo —el aporte que produjo la nanotecnología al cambio tecnológico—, se puede afirmar que tanto la FAN como los fondos sectoriales produjeron impactos a nivel de casos testigo y generaron un enraizamiento “intermedio”, en términos de Peter Evans. Mientras que la autonomía enraizada refiere a un Estado con un grado relativo de autonomía entre el conjunto de 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, no siempre se dan estos casos de tipo ideal. Para los casos “intermedios”, donde se observan desviaciones respecto del tipo ideal, Evans habla de la presencia de “bolsones de eficiencia” dentro del Estado, los cuales, si bien no son suficientes “como semillas para una renovación más general del aparato de estado, ellos han proporcionado sin embargo las bases para un número de proyectos exitosos de transformación sectorial” (Evans, 1995, pp. 64-65). Es posible observar que la FAN generó conexiones con una gran cantidad de empresas vinculadas a la nanotecnología en el país, aunque no llegó a generar beneficios en el desempeño económico de todas ellas. Lo mismo sucedió en los fondos sectoriales, donde los proyectos con mayor impacto fueron aquellos en los que hubo una mejor interacción entre el sector de investigación y el sector productivo, generando cierto grado de enraizamiento.

En cuarto lugar, acerca del impacto de las políticas de promoción a la nanotecnología sobre la estructura productiva nacional, según este trabajo existen en el país 54 empresas vinculadas con actividades nanotecnológicas, de las cuales 28 cuentan con productos a base de nanotecnología disponibles en el mercado. La clasificación de las empresas según sus aplicaciones nanotecnológicas muestra que la participación dominante proviene de emprendedores del sector nuclear y espacial, del INTI y de la biotecnología, a través de la colaboración con institutos de CONICET y algunas universidades públicas. Es importante recordar que tanto las ciencias biomédicas como el sector nuclear y, en menor medida el espacial, son los dos sectores en donde la Argentina muestra senderos de desarrollos tecnológicos exitosos, con expansión y diversificación y, en menor medida, con exportaciones de alto valor agregado. Teniendo en cuenta la información que aporta el artículo, no se puede hablar de impactos apreciables en el sector productivo hacia 2018.

En parte, la baja participación de empresas en actividades de I+D se debe a problemas de diseño de los instrumentos de políticas que buscaron la participación del sector productivo de forma desvinculada del resto de las políticas interministeriales. Desde su inicio, las políticas de promoción a la nanotecnología estuvieron desvinculadas del tejido productivo local y se orientaron según criterios y necesidades científicas, promoviendo la nanotecnología como gran área de conocimiento y sin definir nichos ni sectores estratégicos. Es decir, la agenda de investigación de la NyN se estructuró según el conjunto de reglas que rigen en el mundo académico, que tienden a favorecer la publicación internacional por sobre la conexión entre academia y producción. Por otra parte, Argentina posee un patrón productivo de escasa densidad tecnológica, predominando sectores de baja y media intensidad tecnológica, lo que explica en parte la baja demanda del sector productivo por desarrollos nanotecnológicos, y una característica que sobresale del empresario argentino es su baja tendencia a la incorporación de tecnología —más aún, de tecnología novedosa como la

nanotecnología. En el caso argentino, la mayor parte de la I+D es financiada a través del Estado (Ladenheim, 2015, p. 55). El Estado sigue ocupando el rol central en las políticas de incentivo de la nanotecnología.

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 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 contraste, la política tecnológica que impulsaron 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 dispó 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 corolario, 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.

153

Bibliografía

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* (27-39). Berlín: Karl Dietz Verlag Berlin.

BET (2009). *Nanotecnología*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Recuperado de: <http://www.mincyt.gob.ar/agenda/boletin-estadistico-tecnologico-bet-nanotecnologia-8023>.

Block, F. (2008). Swimming Against the Current: The Rise of a Hidden Developmental State in the United States. *Politics and Society*, 20(10), 1-38.

Bresnahan, T. y Trajtenberg, M. (1995 [1992]). General Purpose Technologies: ‘Engines of Growth’? *Journal of Econometrics*, 65(1), 83-108.

Clarín (2006). El gobierno financiará proyectos de nanotecnología, 1 de agosto. Recuperado de: <http://edant.clarin.com/diario/2006/08/01/um/m-01244697.htm>.

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. Recuperado de: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002D1513&from=ES>.

El Cronista (2013). Nanotecnología, la oportunidad de una nueva revolución industrial, 8 de agosto. Recuperado de: http://www.ieralpyme.org/novedades_ver.asp?id_noticia=3228.

El Litoral (2005). Polémica millonaria por la nanotecnología, 23 de mayo. Recuperado de: <http://www.ellitoral.com/index.php/diarios/2005/05/23/politica/POLI-04.html>.

Evans, P. (1995). *Embedded Autonomy. States & Industrial Transformation*. Princeton: Princeton University Press.

Foladori, G. e Invernizzi, N. (2013). Inequality gaps in nanotechnology development in Latin America. *Journal of Arts and Humanities*, 2(3), 35-45.

154

Foladori, G., Rushton, M. y 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* (31-39). Nueva York: Nova Science Publishers.

Foladori, G., Záyago Lau, E., Carroza, T., Appelbaum, R., Villa, L. y Robles-Belmont, E. (2017). Sectorial analysis of nanotechnology companies in Argentina. *Journal of Nanoparticle Research*, 19(186), 1-13.

FS NANO (2010). Bases Convocatoria Fondo Sectorial de NANOTECNOLOGIA. Recuperado de: http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/Bases_FSNano_2010.pdf.

FS NANO (2012). Bases de la Convocatoria Fondo Sectorial de NANOTECNOLOGIA. Recuperado de: <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/BASES-FSNano-Roca-Fluido.pdf>.

Herrera, A. (1995). Los determinantes sociales de la política científica en América Latina. Política científica explícita y política científica implícita, Dossier – Homenaje a Amílcar Herrera. *Redes*, 5, 117-131.

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 Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, 12(34), 65-93.

Iprofesional (2009). Se diseñarán circuitos integrados en Argentina, 21 de mayo. Recuperado de: <http://www.iprofesional.com/notas/82404-Se-diseñarn-circuitos-integrados-en-Argentina>.

Ladenheim, R. (2015). Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de un nuevo patrón tecno-productivo. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, 92(1), 55-61.

La Voz (2017). Diseñan en Córdoba plantillas para evitar la formación de úlceras en diabéticos, 18 de marzo. Recuperado de: <https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/disenan-en-cordoba-plantillas-para-evitar-la-formacion-de-ulceras-en-diabeticos>.

Lengyel, M., Aggio, C., Erbes, A., Milesi, D., Abinader, L. y Beccaria, A. (2014). Asociatividad para la innovación con alto impacto sectorial. Congruencia de objetivos entre las áreas programática y operativa de los Fondos Sectoriales. Buenos Aires: CIECTI y 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 (Dirs.), *Políticas de ciencia, tecnología e innovación en la Argentina de la posdictadura*. Viedma: Editorial UNRN. Recuperado de: <https://books.openedition.org/eunrn/1234>.

Mazzucato, M. (2013). *The Entrepreneurial State. Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Londres: Anthem Press.

155

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2012). *Argentina Innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Lineamientos Estratégicos 2012-2015*. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Recuperado de: <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/022/0000022576.pdf>.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2016). *Estudios de Consultoría en el Sector Nanotecnológico. El Futuro de las Nanociencias y las Nanotecnologías en Argentina*. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

Moledo, L. (2008). Nanodiálogo, narices y biosensores. *Página12*, 23 de julio. Recuperado de: <https://www.pagina12.com.ar/diario/ciencia/19-108291-2008-07-23.html>.

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 DC: The National Academies Press.

NoticiasTectv (2013). Fondos Presemilla en Nanotecnología, 25 de julio. Recuperado de: <https://noticiastectv.wordpress.com/2013/07/25/1483/>.

NSCT (2017). The National Nanotechnology Initiative: Supplement to the President's 2018 Budget. Recuperado de: <https://www.nano.gov/2018BudgetSupplement>.

PAE (2006). Bases Convocatoria IP-PAE 2006. Recuperado de: http://www.agencia.mincyt.gov.ar/upload/pae2006_ip_bases.pdf.

Página/12 (2004). Anuncios culturales de Lavagna, 6 de noviembre. Recuperado de: <http://www.pagina12.com.ar/diario/elpais/1-43268-2004-11-06.html>.

Panarum (2018). Recuperado de: <https://panarumsas.com/es/inicio-desarrollo-nanofarmaceutico-panarum-sas/>.

Ruttan, V. (2008). General Purpose Technology, revolutionary technology, and technological maturity. Mineápolis: University of Minnesota.

Saber cómo (2007). Nano MERCOSUR 2007: Ciencia, Empresa y Medio Ambiente. Recuperado de: <http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc57/inti2.php>.

SECYT (2006). Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación "Bicentenario" (2006-2010). Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Recuperado de: www.mincyt.gov.ar/_post/descargar.php?idAdjuntoArchivo=22513.

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. Recuperado de: <http://www1.hcdn.gov.ar/dependencias/ccytecnologia/proy/3.279-D.-05.htm>.

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). Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.

Surtayeva, S. y Hurtado, D. (2019). Cambio tecnológico y capacidades políticas e institucionales: La trayectoria de la Fundación Argentina de Nanotecnología. *Revista Estado y Políticas Públicas*, 12, 97-122.

Toledo, L. (2013). Una experiencia de promoción de la nanotecnología en Argentina. *Revista de Física*, 46, 25-30.

Vela, M y Toledo, L. (2013). Difusión y Formación en Nanociencia y Nanotecnología en los distintos niveles de la enseñanza y acciones de divulgación en la sociedad argentina. *Revista de Física*, 46, 19-24.

Vila Seoane, M. (2011). Nanotecnología: su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial (Tesis de maestría). Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.

Záyago Lau, E., Foladori, G., Carroza, T., Appelbaum, R., Villa, L. y Robles-Belmont, E. (2015). Empresas de nanotecnología en la Argentina. *Realidad Económica*, 296, 34-54.

Cómo citar este artículo

Surtayeva, S. (2021). El impacto de las políticas de promoción sobre el sector productivo argentino: el caso de la nanotecnología (2003-2018). *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, 16(48), 131-157.