

Ponencia para las VII Jornadas de Historia de la Industria y los Servicios.

Se autoriza su publicación

Autora: Sofya Surtayeva

Correo electrónico: Sofya.Surtayeva@gmail.com

Pertenencia institucional: Universidad Nacional de San Martín y CONICET, Argentina

Políticas públicas de promoción a la nanotecnología y su impacto en el sector productivo

Resumen

El problema del cambio tecnológico y de las políticas necesarias para impulsarlo es una debilidad crucial y persistente en América Latina. Por ello, en este trabajo se discute el problema que enfrentan países como Argentina que consiste en el desafío de desarrollar capacidades organizacionales e institucionales que posibiliten el acceso a las tecnologías de frontera. En este trabajo se analiza la trayectoria de la nanotecnología en la Argentina en el período 2003-2015, centrándose en las sucesivas reformulaciones de las políticas públicas de promoción de la nanotecnología y en las capacidades organizacionales e institucionales de gestión de la tecnología para cumplir con los objetivos explicitados. Luego de evaluar el impacto de estas iniciativas sobre el sector productivo, se concluye que las sucesivas políticas implementadas hasta la fecha impactaron en la producción de un conjunto heterogéneo de casos testigo a nivel empresarial. El principal objetivo centrado en mejorar la competitividad de la economía se mantiene fuera del alcance de las capacidades vigentes a la fecha.

Trayectoria de las políticas de nanotecnología en Argentina

Bajo el liderazgo de Estados Unidos, las economías centrales durante la década de 1990 asumieron la nanotecnología como potencial tecnología de propósito general (TPG).¹ 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). Detrás de esta tendencia, las primeras iniciativas de promoción de la nanotecnología en América Latina comienzan a ser impulsadas por algunos organismos internacionales, como el Banco Mundial, desde finales de la década de 1990 (Foladori *et al.*, 2008). En América

¹ Una TPG 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).

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

Como consecuencia de la crisis política, económica y social de 2001, 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). En aquel momento 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 en áreas de I+D. De esta forma, las primeras iniciativas de políticas de promoción de la nanotecnología estuvieron impulsadas por la comunidad científica y, en consecuencia, orientadas a la nanociencia. Esto puede verse en el PAV, impulsado por científicos, que financió la creación de las primeras cuatro redes de investigación en nanotecnología sin vinculación con demandas sociales o productivas locales (Andrini y Figueroa, 2008; Vila Seoane, 2011).

En paralelo, otra iniciativa para impulsar la nanotecnología provino de un grupo del Instituto Balseiro, que proponía montar un laboratorio limpio para medición y caracterización. La demanda fue dirigida al entonces titular del Ministerio de Economía y Producción (MinEyP), Roberto Lavagna. A fines de 2004, Lavagna anunció el lanzamiento de un plan de desarrollo de la nanotecnología a partir de una asociación con la empresa multinacional Lucent Technologies (ex Bell Laboratories), que haría posible, se sostenía, la fabricación en el país de semiconductores y chips (*Página/12*, 2004). Como resultado, 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 trasnacional 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

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

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, explicando que la FAN había sido creada “por fuera del marco legal que regula las actividades de ciencia, tecnología e innovación productiva” y sin la participación de la SECyT.⁴ Una diputada cuestionó la magnitud de los fondos asignados, solicitando un informe al Poder Ejecutivo Nacional (*El Litoral*, 2005). Como respuesta, a comienzos de junio, el Parlamento argentino elaboró un proyecto de ley que impulsaba el *Plan Nacional Estratégico de Desarrollo de las Micro y Nanotecnologías*. Si bien el proyecto no fue aprobado, sentó las bases para la reformulación de la política de nanotecnología e instaló la caracterización de la nanotecnología como “tecnología estratégica”. En 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. 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

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).

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).

Finalmente, Lavagna renuncia a su cargo de ministro en noviembre de 2005, sucediéndolo Felisa Miceli, quien cambia la orientación de la FAN, desplazando la posición dominante de Lucent y posibilitando la participación de otras empresas, creando el Consejo Asesor de la FAN, integrado por investigadores y científicos destacados en sus respectivas entidades – como 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)-.

A fines de 2006, la ANPCyT abrió la convocatoria del Programa de Áreas Estratégicas (PAE) para financiar las áreas seleccionadas como prioritarias por el *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Bicentenario” (2006-2010)*. A partir de este momento, la nanotecnología es configurada desde las políticas como una “tecnología estratégica”. La característica distintiva de los PAE respecto del PAV, fue que la financiación se orientaría hacia la generación de conocimiento y hacia la generación de soluciones a problemas sociales y productivos concretos. Para ello, los proyectos con impacto en la producción de bienes y servicios debían incluir una o más empresas vinculadas al sector económico respectivo, aunque su participación se reducía a una declaración de interés sin compromiso a futuro de aprovechamiento comercial de los resultados (PAE, 2006). A través del PAE fueron financiados dos proyectos de nanotecnología, que dieron lugar a la creación de dos centros, pero no lograron generar demandas ni interés productivo.

A fines de 2007, con la creación del Ministerio Nacional de Ciencia y Tecnología (MINCyT), se esperaba dar un salto cualitativo en las capacidades para el diseño y aplicación de políticas para el sector. La FAN pasó a depender del nuevo ministerio.

Fondos Argentinos Sectoriales

Un salto cualitativo en las políticas se produjo en 2010, con la presentación de los Fondos Argentinos Sectoriales (FONARSEC) de la ANPCyT, bajo la esfera del MINCyT, que iba a financiar parcialmente proyectos para generar plataformas tecnológicas en el sector Nano en tres áreas: nanomateriales, 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: 4-5). Los proyectos debían generar innovaciones científico-tecnológicas y esta debía traducirse en posibilidades concretas de transferencia. El FONARSEC fue parcialmente financiado por el Banco Mundial y por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 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 nanoproductos en sistemas Roca-Fluido (FSNano, 2012), que recibió alrededor de 8 millones de dólares, incluyendo la contraparte.

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

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”.⁵ Agregó que todo el programa tuvo como

⁵ Comunicación con Isabel Mac Donald, 22 de marzo de 2018.

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”.⁶

Como resultado, los tres proyectos más exitosos 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 continúa desarrollándose debido al interés comercial de la empresa involucrada en el mismo, 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.

Por otra parte, todos los proyectos atravesaron dificultades en su implementación, basadas en una escasa capacidad de planificación y definición de temáticas, la ausencia de seguimiento y evaluación de los proyectos y una escasa retroalimentación entre el diseño e implementación de los programas. Por parte de los beneficiarios de los proyectos, las críticas se resumen en las trabas administrativas y las recurrentes devaluaciones de la moneda argentina, que impactaron en los tiempos de ejecución de los proyectos negativamente. En este sentido, las falencias se concentraron en los tiempos que demandan los procesos de adjudicación del dinero, la compra de equipamiento científico-tecnológico y el impacto que produce en éstos 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– y, en algunos casos, a la interrupción del proyecto.

En cuanto a las fortalezas de los FONARSEC se incluye: (i) la realización de congresos, la producción de tesis doctorales y la publicación de artículos científicos; (ii) la formación de

⁶ Comunicación con Isabel Mac Donald, 15 de junio de 2017.

recursos humanos especializados; (iii) la apertura de nuevas líneas de investigación; (iv) la adquisición de equipamiento científico-tecnológico e industrial para las instituciones públicas y, en algunos casos, para las empresas; (v) el fortalecimiento del trabajo interdisciplinario entre investigadores y, en algunos casos, investigadores y empresarios; (vi) el patentamiento de algunos desarrollos en el marco de los proyectos; (vii) el diseño y la instalación de plantas pilotos de producción industrial; y (viii) la creación de una empresa de base tecnológica de capital nacional.

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

Aunque en general existió una escasa participación empresarial en el proceso de desarrollo de los prototipos, siendo los beneficiarios principales del instrumento los grupos de investigación pertenecientes a instituciones públicas de ciencia y tecnología, desde el MINCyT/ANPCyT algunos entrevistados argumentaron que no corresponde apoyar esta etapa desde un Ministerio de Ciencia y Tecnología, cuyo objetivo es apoyar la innovación productiva, agregando que otros ministerios deberían encargarse de ello. Pese a ello, la directora del FONARSEC señaló que el “fracaso” de los proyectos estuvo en el escalado de los productos, “porque las empresas vinculadas no tienen capital suficiente para la continuidad, para escalar el producto”. Y agregó que los “problemas de escala en Argentina son gravísimos, porque al ser una economía basada tanto en un sistema de PyMEs, las PyMEs por sí mismas es difícil que adquieran capacidades de escala para exportar a otros países”.⁷ 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

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

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 TPGs, es responsabilidad del Estado financiar la comercialización de productos y/o procesos innovadores. Así, en los países centrales el Estado es el actor que financia el desarrollo de nuevas tecnologías, 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 TPGs (Mazzucato, 2013; Ruttan 2008), incluyendo especialmente la etapa de comercialización (Mazzucato, 2013: 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 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, 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”.⁸

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

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

inversión en I+D del empresariado argentino. Este escenario se replica también en lo que refiere a la nanotecnología, que se agrava aún más teniendo en cuenta que la nanotecnología comenzó a ser incentivada caracterizada como un área de vacancia. 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”.⁹ 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.

Fundación Argentina de Nanotecnología

En sus primeros años de funcionamiento, mientras se avanzaba en el esbozo de un sistema de promoción, la FAN se dedicó a otorgar algunos premios y promover algunos encuentros. Sin embargo, a los pocos meses de su creación, a fines de 2005, Lavagna fue reemplazado por Felisa Miceli al frente del MinEyP. La nueva ministra 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 se abandonan los vínculos con la trasnacional Lucent.

En agosto de 2006, mientras se intenta encontrar un rumbo para la FAN, se abre el primer concurso para el financiamiento de proyectos en nanotecnología. El Estado financiaría entre el 50% y el 80% del costo de los proyectos con un monto máximo 2 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. 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 veinte ideas-proyecto y se aprobaron diez,¹⁰ aunque solo el proyecto de INIS-Biotech, empresa de la Fundación Instituto Leloir, logró

⁹ Comunicación con Isabel Mac Donald, 15 de junio de 2017.

¹⁰ 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: 34-35).

avanzar y recibir financiamiento.¹¹ Los obstáculos decisivos de este período fueron el exceso de burocracia y la escasez de empresas.

Debido a los obstáculos que encontró para financiar proyectos –en especial, problemas internos de gestión, que se sumaban al desconocimiento de la estructura productiva nacional, la cual apenas empezaba a conocer la nanotecnología–, 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).¹² La creación del MINCyT en diciembre de 2007 y el paso de la FAN a su dependencia no mejoraron su situación. Un miembro de la FAN planteó los interrogantes que había que responder en ese momento: “¿Cuál era el espacio institucional de la FAN? [...] ¿Qué era la Fundación? ¿Era un órgano de promoción financiera? No, no puede ser porque la ANPCyT es la que tiene presupuesto de algunos cientos de millones de pesos”. Hasta 2010, explicó, la FAN iba a permanecer en “una situación híbrida”.¹³

Este vacío inicial de actividades comenzó a revertirse en 2011, cuando asume la presidencia de la FAN el ingeniero Daniel Lupi, hasta ese momento director Ejecutivo,¹⁴ 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”.¹⁵ 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”-,¹⁶ el concurso “Nanotecnólogos por un día” –enfocado en difundir la nanotecnología en las escuelas 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

¹¹ El proyecto fue cofinanciado con el Instituto Nacional del Cáncer de EEUU 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.

¹² Posteriormente, la FAN empezó a organizar ediciones bianuales de los congresos Nanomercosur.

¹³ 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 mayo de 2019.

¹⁴ Lupi había dirigido el Centro de Investigación en Telecomunicaciones Electrónica e Informática del INTI entre 1995 y 2005.

¹⁵ Comunicación con Daniel Lupi, 10 de octubre de 2017.

¹⁶ Comunicación con Guillermo Venturuzzi, 27 de abril de 2017.

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 logran 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 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.¹⁷

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 UNSAM a fines de 2010. La idea era que la FAN podría sumar la incubación de empresas a sus funciones (Toledo, 2013: 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”.¹⁸ 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 mediados de 2019, se incubaban en la FAN siete 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. Entre las enfermedades que detecta, están el mal de Chagas, la brucelosis y el Síndrome Urémico Hemolítico. El

¹⁷ Comunicación con Daniel Lupi, 10 de octubre de 2017.

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

biotecnólogo Diego Comerci,¹⁹ 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.²⁰

La empresa Argentum Texne 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, 2018).

En el caso de la empresa de biotecnología Inmunova, creada en 2009, enfocada en el desarrollo de vacunas recombinantes y nanoanticuerpos terapéuticos innovadores y, 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”.²¹

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.

¹⁹ Comerci es investigador del Instituto de Investigaciones Biotecnológicas, dependiente de UNSAM y CONICET.

²⁰ Comunicación con Diego Comerci, 13 de julio de 2017.

²¹ Comunicación con Linus Spatz, 3 de agosto de 2017.

“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.²²

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 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”.²³

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).

Por último, 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. 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).

²² Comunicación con Bernardo Villares Had, 7 de junio de 2017.

²³ Conferencia de Sergio Barón de Dynami en Nanomercosur 2017, 26 de septiembre de 2017.

Además de estas actividades, 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 MINCyT y la UE (MINCyT, 2012: 48-49, 105). Esta plataforma, mejor conocida como Plataforma o Programa 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.²⁴

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 CyT. 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.²⁵ Y agregó que “había que demostrar que estos 19 millones de euros que le habían puesto del otro lado llegaban al mercado, si no el proyecto fracasaba”.²⁶

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

²⁴ Para más información sobre el programa, consultar: <http://www.nanopymes.mincyt.gob.ar/> (Consultado el 09/01/2019).

²⁵ 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.

²⁶ Comunicación con Daniel Lupi, 10 de octubre de 2017.

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 la empresa Penta que desarrolló un chip para ser utilizado en detectores de metales en alimentos. Otras empresas ya estaban trabajando con nanotecnología antes de presentarse al programa, con lo cual aprovecharon los fondos para perfeccionar sus líneas productivas, como Chemisa, Lipomize, LiZys, MZP, Ceprofarm. A algunas otras no les fue bien y el desarrollo quedó abandonado o inconcluso, como el caso 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-. Y 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.

Empresas argentinas de nanotecnología

Dado que la nanotecnología no puede ser atribuida a una industria o una rama industrial específica, se generan discrepancias al momento de contabilizar empresas relacionadas con nanotecnología. Sin embargo, existen "empresas dedicadas a la nanotecnología". Ante esto, 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/o procesos vinculados a la nanotecnología o, en algunos casos, a la microtecnología en el mercado, desarrollados por sí mismas y/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.

El proceso de búsqueda arrojó 51 empresas en total. Sin embargo, se distingue entre aquellas empresas que ya cuentan con aplicaciones propias en el mercado y aquellas que sólo 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 sólo cuentan con proyectos de I+D de nanotecnología o que todavía no comercializan sus desarrollos, se ubican 23 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 empresas que cuentan con aplicaciones propias en el mercado y comercializan productos a base de nanotecnología:

Figura 1. Empresas que cuentan con aplicaciones de nanotecnología y/o 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)	Sí	http://www.nanoteksa.com/	1/5/2019
Eriochem	Entre Ríos	2000	360	genéricos oncológicos	Entre 24 y 29 millones de dólares (2017)	Sí	http://eriochem.com.ar/	1/5/2019
Laring	CABA	1984	60	productos químicos para la industria de tratamiento de superficies	5 millones de dólares (2017)	Sí	http://laring.com/	1/5/2019
Adox	Ituzaingó	1994	60	productos químicos	Entre 50 o 60 millones de pesos (2017)	Sí	http://adox.com.ar/	1/5/2019
Nanotica	Morón	2015	5	prototipos de productos para la industria agrícola utilizando nanovehículos	32.000 dólares (2016)	Sí	http://nanotica.com.ar/	1/5/2019

Gihon	Mar del Plata	1991	40	micro y nanoencapsulación	3,3 millones de dólares (2015)	Sí	https://www.gihonlab.com/	1/5/2019
Bell Export	Córdoba	1989		equipos para la generación de gas oxígeno, ozono y nitrógeno		Sí	http://www.invabio.com.ar/	1/5/2019
Chemisa	Morón	1994		productos químicos para pre-tratamiento de superficies metálicas	1.500.000 dólares (2017)	Sí	http://www.chemisa.com.ar/	1/5/2019
LH Plast	Córdoba	2006	8	sellos hidráulicos		Sí	http://lhplast.com.ar/	1/5/2019
Lipomize	Santa Fe	2012	10	insumos liposomales a pedido	5 millones de pesos (2016)	Sí	http://www.lipomize.com/	1/5/2019
Penta	Bahía Blanca	1976		detectores de metales			http://www.detectorespenta.com/penta.html	1/5/2019
LiZys	Río Negro	2015	2	nanopartículas magnéticas y nanomateriales magnéticos		Sí	http://lizys.com.ar/	1/5/2019
MZP	Río Negro	2016	3	equipos de diagnóstico clínico portátiles basados en microtecnología		Sí	http://www.mzptec.com/	1/5/2019
Red Surcos	Santa Fe	2008	250/300	insumos y servicios agropecuarios	116,8 millones de dólares (2016)		https://www.redsurcos.com/	1/5/2019
Unitec Blue	Chascomús	2013	35	tarjetas inteligentes, circuitos integrados y etiquetas		Sí	http://www.unitecblue.com.ar/	1/5/2019

Melt	Campana			recubrimientos nanoestructurados y análisis de riesgo para nanomateriales				
Dhacam	CABA	1990	24/28	nanoesferas y liposomas		Sí	https://www.dhacam.com.ar/	1/5/2019
Enorza	CABA	2010	4	liposomas y microesferas	Entre 200 y 300 mil dólares (2017)	Sí	https://www.enorza.com.ar/	1/5/2019
Mutech Microsystems	Río Negro	2018	2	equipos y herramientas de micro y nanofabricación litográfica			https://mutec.h.com.ar/	1/5/2019
ArsUltra	CABA	2012	5	sensores para la industria aeroespacial		Sí	http://www.arsultra.com/	1/5/2019
Satellogic	CABA	2010		componentes nano para satélites		Sí	https://satellogic.com/	1/5/2019
OVER	Santa Fe	1981		sistemas de liberación controlada de drogas		Sí	http://www.over.com.ar/	1/5/2019
Cremigal	Entre Ríos	1979		proceso de nanofiltrado			http://www.cremigal.com/web/	1/5/2019
Laboratorios Pharmatrix	Ramos Mejía	1992		liposomas, nanocápsulas, nanopartículas			http://pharmatrix.com.ar/	1/5/2019
Indarra	CABA	2007		micro y nanoencapsulados en textiles				
Fabriquímica	San Martín	1961		liposomas, microemulsiones y nanoesferas			http://www.fabriquimica.com/	1/5/2019

ELEA	Los Polvorines	1939		tratamiento contra los piojos con nanopartículas		Sí	https://www.elea.com/	1/5/2019
Ecosol	CABA	2003		paneles calefactores que contienen nanopartículas de plata			https://www.ecosol.com.ar/	1/5/2019

Fuente: Elaboración propia

Del total de 51 empresas, 10 empresas desarrollan actividades también en microtecnología además de nanotecnología (Gihon, Enorza, Mutech Microsystems, ArsUltra, Laboratorios Pharmatrix, Indarra, Fabriquímica, Ceprofarm, Nairobi y Tenaris) y 3 solamente en microtecnología (Unitec Blue, MZP y Omega Sur). Por otro lado, en cuanto a la ubicación geográfica, las empresas se concentran fuertemente en la provincia de Buenos Aires (26), mientras que CABA reúne 8 empresas, Santa Fe 7, Córdoba y Río Negro 4 cada una y Entre Ríos reúne 2. Además, la mayoría (29) son empresas creadas a partir del 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 29 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, 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 el tema de las 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 –años 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 6 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 nanoproductos 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”.²⁷ Hacia 2014 la facturación anual aproximada de la empresa era de 3 millones de pesos.

²⁷ Comunicación con Horacio Tobías de Nanotek, 10 de mayo de 2017.

Por otro lado, en el caso argentino existen muchas empresas pequeñas especializadas en nanotecnología y, además, las *start-ups* jugaron y juegan un rol clave en el desarrollo económico de la nanotecnología. Así, de 51 empresas 20 se originaron como *start-ups* (alrededor del 39%), 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 51 empresas, 39 mantienen o mantuvieron vinculaciones con el sistema científico, lo que representa alrededor de un 76%. 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-.

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 están trabajando en actividades y productos relacionados con la industria química, incluyendo principalmente tratamientos superficiales y productos de limpieza (5) y las empresas que desarrollan productos para la agroindustria y alimentos (6). 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), Industria Biomédica (4), Instrumentos y equipos (5), Medioambiente (2), Industria aeroespacial (2), Industria textil (2), Industria electrónica (3) y otras (1). 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, entre otras-.

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.

Según algunos artículos periodísticos del 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 que “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 51 empresas vinculadas con actividades nanotecnológicas, de las cuales 28 cuentan con productos a base de nanotecnología disponibles en el mercado.

Conclusiones

El desarrollo de las políticas de promoción a la nanotecnología en el período analizado (2003-2015) permite sacar lecciones y aprendizajes. En primer lugar, las políticas que promovieron la nanotecnología se caracterizaron por sucesivas reformulaciones, explicadas por la ausencia de diagnósticos capaces de dimensionar las capacidades públicas de gestión de la nanotecnología y las potencialidades del sector productivo para asimilar esta nueva área. Estas reformulaciones pueden verse en las conceptualizaciones de la nanotecnología como área de vacancia, tecnología estratégica y, finalmente, como TPG. Ahora bien, los resultados alcanzados a la fecha muestran, sin embargo, la ausencia de criterios en la adopción de la noción de TPG, trasplantada sin mediación de las economías centrales, donde las inversiones en nanotecnología son dos órdenes de magnitud mayor que en la Argentina y las capacidades organizacionales e institucionales de gestión de las tecnologías también son inconmensurables.²⁸

Además, en la evolución de las políticas para la nanotecnología se observa un desdoblamiento entre el discurso empleado en los documentos oficiales y la ejecución de

²⁸ La inversión pública total en nanotecnología realizada por Argentina en el período 2006-2011 podría estimarse en 50 millones de dólares (Salvarezza, 2011: 18-19), lo que supone un promedio de 10 millones de dólares anuales. En Estados Unidos la NNI pasó de 255 millones de dólares en 1999 a 464 millones en 2001, alcanzando los 1781 millones en 2010 (Motoyama *et al.*, 2011). Hacia 2018 la NNI recibió 1200 millones (NSTC, 2017).

las políticas. Mientras que el discurso indicaba que las inversiones en nanotecnología debían enfocarse en aumentar la competitividad de la economía (SECyT, 2006; MINCyT, 2012), la política tecnológica se concentró mayormente en la generación de recursos de financiamiento para actividades de investigación y desarrollo 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 escalado o estrategias de comercialización –aspecto visible en los FONARSEC–, todas condiciones que deberían acompañar la decisión de asimilar una nueva TPG.

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 del 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 quince años de funcionamiento, la FAN logró impactar sobre el desempeño de las empresas al nivel de casos testigos, principalmente a través del Pre-Semilla y de siete emprendimientos incubados por el programa Nanofab.

En tercer lugar, es posible hablar de procesos de aprendizaje y de impacto a nivel de casos testigos. En este sentido, los FONARSEC deben ser entendidos como parte de un proceso de evolución de las políticas de ciencia y tecnología y de un proceso de aprendizaje institucional. 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 *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.

En cuarto lugar, según este trabajo existen en el país 51 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. En este punto 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.

En parte, la baja participación de empresas 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 que 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: 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 impulsó la SECyT y luego el MINCyT, buscando desarrollar una tecnología de frontera como la nanotecnología, partió de nociones como tecnologías estratégicas y tecnologías de propósito general, orientaciones que no produjeron impactos apreciables en la competitividad económica del país. La estrategia de financiar la nanotecnología como gran área de conocimiento sin definir nichos ni líneas temáticas precisas de demanda de nanotecnología dispuso la inversión en ciencia básica y algunos programas de ciencias aplicadas. En este sentido, la trayectoria de la nanotecnología en la Argentina muestra que, además de utilizar un enfoque concebido en base a otras realidades socioeconómicas, las debilidades en materia de políticas se concentran en las capacidades deficientes de gestión de la tecnología, que se manifiestan en el diseño de políticas. Como corolarios, se puede observar el desconocimiento de las capacidades y potencialidades del sector productivo para asimilar la nanotecnología y la falta de coordinación con la política industrial. A modo de síntesis, el caso de la nanotecnología se suma a las evidencias de que el problema del cambio tecnológico en la Argentina tiene su principal debilidad en las capacidades organizacionales e institucionales de gestión de la tecnología.

Bibliografía

Argentum Texne (2018). Disponible en: <https://www.argentumtexne.com.ar/>. Consultado el 27/07/2018.

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.

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

Bresnahan, T. y Trajtenberg, M. (1995 [1992]). General Purpose Technologies: “Engines of Growth”? *Journal of Econometrics*. Vol. 65, Núm. 1, 83-108.

Clarín (2006). El gobierno financiará proyectos de nanotecnología, 1 de agosto. Disponible en: <http://edant.clarin.com/diario/2006/08/01/um/m-01244697.htm>. Consultado el 19/05/2015.

Decreto N° 380/2005. Creación de la FAN.

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*. Núm. 27, 164-181.

Diario Oficial de las Comunidades Europeas (2002). Decisión No 1513/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 27 de junio de 2002. Disponible en: <http://eur->

lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002D1513&from=ES. Consultado el 11/05/2015.

Ebers (2019). Disponible en: <https://www.ebers.com.ar/>. Consultado el 19/05/2019.

El Cronista (2013). Nanotecnología, la oportunidad de una nueva revolución industrial, 8 de agosto. Disponible en: http://www.ieralpyme.org/novedades_ver.asp?id_noticia=3228. Consultado el 19/05/2019.

El Litoral (2005). Polémica millonaria por la nanotecnología, 23 de mayo. Disponible en: <http://www.ellitoral.com/index.php/diarios/2005/05/23/politica/POLI-04.html>. Consultado el 8/05/2015.

Foladori, G. e Invernizzi, N. (2013). Inequality gaps in nanotechnology development in Latin America. *Journal of Arts and Humanities*. Vol. 2, Núm. 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. Barrañón (Ed.). *New Nanotechnology Developments* (pp. 31-39). Nueva York: Nova Science Publishers.

FS Nano (2010). Bases Convocatoria Fondo Sectorial de NANOTECNOLOGIA. Disponible en: http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/Bases_FSNano_2010.pdf. Consultado el 4/07/2018.

FS Nano (2012). Bases de la Convocatoria Fondo Sectorial de NANOTECNOLOGIA. Disponible en: <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/BASES-FSNano-Roca-Fluido.pdf>. Consultado el 4/07/2018.

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

La Voz (2017). Diseñan en Córdoba plantillas para evitar la formación de úlceras en diabéticos, 18 de marzo. Disponible en: <https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/disenan-en-cordoba-plantillas-para-evitar-la-formacion-de-ulceras-en-diabeticos>. Consultado el 19/05/2019.

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.

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

MINCYT (2012). *Argentina Innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Lineamientos Estratégicos 2012-2015*. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Disponible en: <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/022/0000022576.pdf>. Consultado el 20/6/2015.

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*. Vol 33, 109-118.

Noticiastectv (2013). Fondos Presemilla en Nanotecnología, 25 de julio. Disponible en: <https://noticiastectv.wordpress.com/2013/07/25/1483/>. Consultado el 27/07/2018.

NSCT (2017). *The National Nanotechnology Initiative: Supplement to the President's 2018 Budget*. November 2017.

PAE (2006). Bases Convocatoria IP-PAE 2006. Disponible en: http://www.agencia.mincyt.gov.ar/upload/pae2006_ip_bases.pdf. Consultado el 19/05/2015.

Página/12 (2004). Anuncios culturales de Lavagna, 6 de noviembre. Disponible en: <http://www.pagina12.com.ar/diario/elpais/1-43268-2004-11-06.html>. Consultado el 8/05/2015.

Panarum (2018). Disponible en: <https://panarumsas.com/es/inicio-desarrollo-nanofarmaceutico-panarum-sas/>. Consultado el 27/07/2018.

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

Saber Cómo (2007). Nano MERCOSUR 2007: Ciencia, Empresa y Medio Ambiente, Núm. 57. Disponible en: <http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc57/inti2.php>. Consultado el 5/1/2019.

Salvarezza, R. (2011). Situación de la difusión de la nanociencia y la nanotecnología en Argentina. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*. Vol. 4, Núm. 2, 18-21.

SECyT (2006). *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación "Bicentenario" (2006-2010)*. Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Disponible en: www.mincyt.gov.ar/post/descargar.php?idAdjuntoArchivo=22513. Consultado el 25/05/2015.

Senado y Cámara de Diputados de la Nación (2005). *Proyecto de Ley Marco para el Plan Nacional Estratégico de Desarrollo de Micro y Nanotecnologías*. Comisión de Ciencia y Tecnología. Disponible en: <http://www1.hcdn.gov.ar/dependencias/ccytecnologia/proy/3.279-D.-05.htm>. Consultado el 25/05/2015.

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

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.