

La nanotecnología en Argentina: el rol de la Comisión Nacional de Energía Atómica (2003-2018)

Nanotechnology in Argentina: the role of the National Commission Atomic Energy

Sofya Surtayeva

Doctora en Ciencias Sociales y Humanas. Becaria posdoctoral con lugar de trabajo en el Centro de Estudios de Historia de la Ciencia y la Técnica, Escuela de Humanidades -UNSAM
Sofya.Surtayeva@gmail.com

Resumen

En este artículo se aborda la incidencia de la Comisión Nacional de Energía Atómica en el desarrollo de las primeras políticas públicas de promoción de la nanotecnología, su posterior distanciamiento, así como su propia trayectoria en el desarrollo de la nanotecnología. Alejándose del enfoque de “tecnologías de propósito general” y de la promoción de la nanotecnología como gran área de conocimiento, que fue utilizado para orientar las políticas de promoción en Argentina, la Comisión Nacional de Energía Atómica promovió la nanotecnología de manera distinta, un enfoque que se asemeja a las políticas orientadas por misiones.

Palabras clave: nanotecnología – tecnología de propósito general – semiperiferia – políticas orientadas a misiones – Comisión Nacional de Energía Atómica

Fecha de recepción:

16.3.21.

Fecha de aceptación:

25.6.21

Abstract

This article addresses the incidence of Argentina's National Commission of Atomic Energy in the development of the first public policies to promote nanotechnology, its subsequent

distancing, as well as its own trajectory in the development of nanotechnology. Moving away from the “general purpose technology” approach and promotion of nanotechnology as a major area of knowledge that was used to guide promotional policies in Argentina, Comisión Nacional de Energía Atómica promoted nanotechnology in a different way, an approach that resembles mission-oriented policies.

Key-words: nanotechnology - general purpose technology - semi-periphery - mission oriented policies - Comisión Nacional de Energía Atómica

Introducción

Durante la década de 1990 la nanotecnología fue asumida, en la perspectiva de los países centrales y sobre todo de Estados Unidos, como potencial tecnología de propósito general (TPG) –o tecnología de frontera–, que es la 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 de sistemas de producción (Bresnahan y Trajtenberg 1995).¹ Al asumir la nanotecnología como una TPG, Estados Unidos buscaba prolongar su ciclo de hegemonía al sostener e impulsar su competitividad económica y productiva (Motoyama et al. 2011; Roco 2011; Hurtado et al. 2017; Roco, 2017).

La iniciativa nacional estadounidense de nanotecnología –la *National Nanotechnology Initiative*–, lanzada formalmente en 2001, constituye un caso acerca de cómo una nueva TPG es seleccionada para traccionar el crecimiento económico de un país central y prolongar su estatus de potencia económica a través de políticas tecnológicas llevadas a cabo por una red de agencias descentralizadas orientadas a misiones u objetivos.² En la literatura, estas políticas se conocen como políticas orientadas a misiones –en inglés *mission oriented policies*–. Estas políticas se caracterizan por impulsar proyectos tecnológicos estratégicos orientados por un objetivo. En otras palabras, se enfocan en el desarrollo de capacidades tecnológicas consideradas primordiales para el desarrollo de sectores estratégicos apoyados en innovaciones radicales o TPGs para alcanzar objetivos específicos. Se trata de políticas sistémicas que coordinan y ejecutan una gran diversidad de instrumentos financieros y no financieros a través de los cuales el Estado vincula actores públicos y privados para el desarrollo de sectores, tecnologías y mercados según objetivos estratégicos (Ergas 1987; Peres y Primi 2009; Mazzucato 2013; Mazzucato 2014).

Ahora bien, las posibilidades de un país para definir e implementar estas políticas dependen del contexto donde opera –centro, semiperiferia o periferia– y de las capacidades y lógicas que en éste subyacen al diseño y gestión de los vínculos entre ciencia–tecnología–industria y desarrollo socioeconómico (Carrizo 2019). Wallerstein (1974) clasificó la economía mundial capitalista en tres zonas económicas de acuerdo al rol que éstas ocupan en la división internacional del trabajo. Así, un Estado semiperiférico tiene cierta capacidad industrial y tecnológica, infraestructura y servicios que suponen algún grado de desarrollo, aunque baja o nula influencia en la arena internacional. Los países semiperiféricos en su intento por desarrollar tecnologías, deben lidiar con problemas sociales arraigados: la inestabilidad institucional que debilita la implementación y continuidad de las políticas públicas; la baja inversión en I+D del sector privado; la presencia dominante de empresas trasnacionales; la financierización especulativa creciente; y la desventaja geopolítica para negociar “reglas de juego”, como las crecientes exigencias de la Organización Mundial de Comercio (OMC) a las medidas de política industrial y a la protección de la propiedad intelectual (Hurtado y Souza 2018).

Como suele ocurrir con las agendas de producción del tipo de conocimiento valorado por las economías centrales, la tendencia a promover la nanotecnología fue imitada por algunos países semiperiféricos y periféricos, que comenzaron a orientar sus agendas públicas hacia su desarrollo. En América Latina, Brasil, México y Argentina –países semiperiféricos– concentran la mayor parte de las actividades en nanotecnología de la región. Sin embargo, si bien en la retórica oficial de los 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).³ En el caso argentino, además, se caracterizó a la nanotecnología de la misma manera que los países centrales: como TPG, es decir, como una forma específica de tecnología de frontera.

La nanotecnología comienza a ser promovida formalmente en Argentina entre 2003 y 2004, con una fuerte incidencia por parte de actores pertenecientes a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). En este artículo se aborda la incidencia de una institución como la CNEA en el desarrollo de las primeras políticas públicas de promoción de la nanotecnología, su posterior distanciamiento, así como su propia trayectoria en el desarrollo de la nanotecnología. Alejándose del enfoque de TPG y de la promoción de la nanotecnología como gran área de conocimiento, la CNEA promovió la nanotecnología con un enfoque que se asemeja a las políticas orientadas por misiones.

En este trabajo se adoptó una metodología de tipo cualitativo, apoyada en fuentes primarias y secundarias. Se utilizaron entrevistas a actores clave y otras fuentes como notas de divulgación y publicaciones científicas, además de materiales de archivo, como leyes, reglamentaciones y notas periodísticas.

Inicios de las políticas de nanotecnología en Argentina

En Argentina, antes de las primeras iniciativas de políticas para impulsar la nanotecnología, existían en el país grupos dispersos de investigadores cuyas temáticas estaban en el área de la nanociencia y nanotecnología –fundamentalmente físicos, químicos y especialistas en ciencias de los materiales– (Salvarezza 2011: 18), aunque no se denominaban con ese término.⁴ Varios investigadores argentinos tuvieron experiencias laborales o de posgrado en el exterior; esa base de investigadores, formados en parte, en centros internacionales de I+D –en su mayoría en países centrales–, permitió que varios institutos locales desarrollaran actividades en nanotecnología a lo largo de los años noventa y la primera década del nuevo siglo, destacándose el Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), el Instituto de Química-Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE) –dependiente de CONICET y la Universidad de Buenos Aires (UBA)– y algunos grupos de la CNEA.

Los investigadores de los grupos que estaban involucrados en proyectos de investigación en nanotecnología, a través de su contacto con redes internacionales impulsadas en gran parte por las condiciones socioeconómicas de ese momento –situación de gran ajuste fiscal, que se tradujo en la escasez de financiamiento al sector científico y tecnológico argentino–, empezaron a proponer el tema en la agenda de las políticas públicas. Sin embargo, pese a estas demandas locales procedentes del sector científico, el factor que más influyó en la puesta en marcha de políticas públicas de promoción de la nanotecnología en Argentina fue el ímpetu que tuvo la temática a nivel internacional, impulsada inicialmente por Estados Unidos –y seguidamente por los demás países centrales– tras el lanzamiento de su *National Nanotechnology Initiative* (NNI) en 2001. Su principal manifestación fue la difusión propiciada desde los organismos internacionales, centrada en el argumento de los efectos multiplicadores de la nanotecnología en el incremento de la competitividad en las economías de los países en desarrollo (Foladori e Invernizzi 2013; Foladori y Carrozza 2017).

Entonces, si bien antes de la popularización del término “nanotecnología” había en el país muchos investigadores que ya tenían un vínculo con esta tecnología, luego de la difusión del término se produjo una recategorización –aquellos investigadores que trabajan en temáticas a nanoescala aunque sin utilizar el término “nanotecnología”– y una reorientación de los investigadores formados en disciplinas como física, química y ciencia de los materiales, hacia temáticas agrupadas bajo la denominación común de “nano” –aquellos investigadores que se sumaron hacia la temática luego de su popularización bajo el término “nanotecnología”–.

En este sentido, es ilustrativo el testimonio de un entrevistado perteneciente a la CNEA –actual vicepresidente– que relató que “antes de que la nanotecnología se conforme como un campo” en la CNEA desde la década de 1990 se trabajaba “haciendo sensores de gas con películas delgadas nanoestructuradas”. Esos sensores eran “micro y nano a la vez” y la idea surgió de la estada de este investigador en Italia en un instituto de microelectrónica y microsistemas. Explicó que en CNEA se trabaja “en cooperación con Italia en la década del 90 (1994–1995) en estos sensores de gas, que eran una mezcla de nanotecnología en películas delgadas y microtecnología en sensor de gas”, pero “el título del trabajo era otra cosa”. Entonces, “sin darnos cuenta trabajábamos en nano”:

Nosotros, como grupo en CNEA, nos abrogábamos las microtecnologías pero estábamos trabajando en nano [...] nuestro primer dispositivo era nanotecnológico. Una mezcla de las dos cosas [...]. El resultado era nanotecnológico, pero nosotros lo encarábamos como películas delgadas por abrasión láser, pero el elemento clave que hacíamos era el nanofilm. Como no estaba de moda acá, trabajábamos con nanotecnología y cuando me di cuenta lo que era, levantamos la mano. E hicimos todo esto desde el año 1994. [...] nosotros éramos un grupo más tecnológico, orientados hacia productos tecnológicos y aparecieron los científicos más orientados al paper. Cuando vieron que había fondos empezaron a poner todos los papers en la mesa y nosotros casi que no teníamos. Lo que teníamos era este sensor, teníamos pocos papers, pero mucho recorrido en tecnología nano

(Entrevista con Alberto Lamagna, 6/06/2018).

En alusión a la generación de una demanda local asociada al diseño y formulación de políticas públicas para incentivar la nanotecnología, el mismo entrevistado señaló que, siendo asesor ad honorem de Tulio Del Bono, que fue secretario de Ciencia y Tecnología de la Nación en el período 2003–2007, buscó ubicar a la nanotecnología en la agenda pública. Su contacto con el ex secretario de Ciencia y Tecnología de la Nación fue generado en el Diálogo Argentino,⁵ donde el entrevistado participó en la mesa dedicada a la ciencia y tecnología, donde fue elaborado un escrito donde “estaba incipientemente mencionado lo de micro y nanotecnologías” y “ahí se empieza a gestar, con otras personas también, el hecho de que fuera un área de vacancia”:

Me nombran asesor de tecnologías de seguridad, porque yo orientaba toda la investigación en micro y nano en tecnologías para la seguridad [...]. De alguna manera, yo me puedo abrogar, como asesor de Tullio Del Bono, generé la línea. Fui al primer EuroNanoForum, iba a todos los foros internacionales, volvía y decía 'hay que hacer esto' [...]. Había muchos así
(Entrevista con Alberto Lamagna, 6/06/2018).⁶

La nanotecnología se incorporó a la agenda de políticas públicas en 2004, a través del Programa de Áreas de Vacancia (PAV) impulsado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). En aquel entonces el país no contaba con estudios prospectivos en temáticas de ciencia y tecnología ni tampoco con capacidades estratégicas de planificación a largo plazo de las mismas. En consecuencia, las políticas se orientaron, en mayor medida, a resolver problemas de corto plazo y no al desarrollo de capacidades estratégicas interdisciplinarias en áreas de I+D, como la nanotecnología. Como resultado, las primeras iniciativas de políticas de promoción a este área 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).⁷

Creación de la FAN y rol de la CNEA

En paralelo a las redes PAV, otra iniciativa para impulsar la nanotecnología provino de un grupo de investigadores del Instituto Balseiro –siendo los actores destacados los doctores Francisco de la Cruz y Mario Mariscotti–, 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.⁸ 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).

Inicialmente se había hecho público que iban a participar del emprendimiento la CNEA-CAB y la empresa de tecnología INVAP de Río Negro –Sociedad del Estado surgida a mediados de los años setenta como desprendimiento del plan nuclear y ahora en proceso de diversificación–, aunque se extendía la invitación a todas aquellas empresas privadas que desearan sumarse a la iniciativa (Página/12, 2004). Daniel López, un investigador argentino miembro del *Nanofabrication Research Lab* de Bell Laboratories, explicó que el CAB

había estado colaborando con Lucent desde hacía unos pocos años, así que las dos partes buscaron el acuerdo: “La compañía norteamericana capacitará científicos argentinos, e investigadores de Lucent trabajarán en proyectos argentinos” (Sametband 2005).

En el programa de apoyo y desarrollo de la nanotecnología las principales áreas de aplicación serían la medicina, la industria automotriz, los bienes de capital, óptica, las comunicaciones y la informática. En referencia a este vínculo estratégico, Lavagna declaró que “cada cuarto limpio para producir nanotecnología cuesta 400 millones de dólares”, pero el acuerdo impulsado por él mismo garantizaría la utilización de los cuartos limpios de Lucent, en New Jersey (IDEA 2004; La Capital 2004) y la multinacional pondría “los laboratorios a disposición para investigadores argentinos y para formación de personal, para testear diseños y la fabricación de instrumentos nanotecnológicos” (El Litoral 2005a).

En abril 2005, él creó 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 Ministerio de Economía y Producción.⁹ 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.

Esos 10 millones de dólares serían destinados a la construcción de salas limpias menos complejas en Argentina, donde se probarían nanodispositivos construidos en los Estados Unidos (Sametband, 2005). El director regional de ventas de Lucent para la región, el ingeniero argentino Javier Rodríguez Falcón, agregó que “El objetivo es que el diseño de las nanotecnologías se realice aquí [en Argentina] y, luego, las aplicaciones se fabriquen en los cuartos limpios de Nueva Jersey”, que serían vistas en cinco o diez años (EnerNews 2005). Es decir, la fabricación y el desarrollo quedarían excluidos de Argentina.

Al interior de la FAN se dieron algunos debates en torno a si Argentina sólo debería contar con instalaciones para la caracterización de nanodispositivos que se fabricarían en Lucent o si también debería invertirse en instalaciones para la manufactura. Los partidarios de esta última opción se reunieron con Lavagna para solicitar 10 millones de dólares adicionales, que finalmente no fueron autorizados.

Uno de estos partidarios era Alberto Lamagna, quien contó que la FAN fue fundada “alrededor de una idea de Paco de la Cruz, Mario Mariscotti y los ex alumnos de Paco de la Cruz que estaban en Lucent Technologies, un tal López que era un ex Balseiro” y en esa época “se hacía una jornada donde se charlaban las políticas. Había una mesa

redonda donde estaba López, que venía de Lucent Technologies, que era el jefe del laboratorio”. Entonces, desde Lucent “proponían que esos 10 millones de dólares eran para una sala limpia en Bariloche, pero no para fabricar, era para medir las cosas que fabricaban en Lucent y con esos 10 millones de dólares le pagaban a Lucent”. Es decir, los 10 millones serían utilizados para pagar el uso de laboratorios externos. En palabras de Lamagna, “se fabricaba en Lucent y se medía en Bariloche” por lo que “era un laboratorio para medir, no para fabricar”. Ahora bien, “tecnológicamente y estratégicamente, como país, tenés más potencia si diseñás y fabricás, no si medís. Esto es como armar celulares o desarrollarlos, comprás un satélite o desarrollás un satélite en el país”.

Narra el entrevistado que, en esa reunión él se pronunció a favor de “fabricar en Argentina” y que la respuesta de Lucent fue “No vale la pena fabricar en Argentina. Nunca vas a llegar a tener un laboratorio de primera para fabricar en Argentina”:

Eso me lo dijeron en el 2004. Y yo les dije ‘Sí, lo vamos a lograr’ y de hecho lo logramos, porque Hernán Pastoriza que hizo un lab on a chip en microfluídica, que lo pensaba hacer en Lucent, años después lo hace acá en Buenos Aires en nuestro laboratorio¹⁰ [...] la clave fue que Del Bono y la CNEA creímos todos que era importante fabricar en Argentina, desarrollar en Argentina, porque la visión que tenían los fundadores de la FAN era que no se podía hacer nada acá. Eran argentinos de Lucent, pero lo que pasa es que cuando vivís mucho tiempo afuera tenés esa visión ‘En Argentina no se puede. Es un país periférico. Nunca va a poder hacer cosas’ [...]. Con Varotto queríamos hacer micro y nanotecnología para el espacio. En el año 2003 más o menos [...].¹¹ Le dije ‘están poniendo 10 millones de dólares sólo para medir y fabricar en Lucent’. Varotto me dice ‘No, hagámoslo acá’ [...]. Tenemos una reunión con el brazo derecho de Lavagna y [...] le dijimos que nos faltan 10 millones de dólares más [...]. Eso no prosperó
(Entrevista con Alberto Lamagna, 6/06/2018).

De esta manera, la FAN se abocaría a la medición y caracterización de los dispositivos que Lucent desarrollaría, en un esquema altamente focalizado y cerrado.

Sin embargo, 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 entidad había sido creada “por fuera del marco legal que regula las actividades de ciencia, tecnología

e innovación productiva” y sin la participación de la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECyT).¹² Una diputada cuestionó la magnitud de los fondos asignados, solicitando un informe al Poder Ejecutivo Nacional (El Litoral 2005b). 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 finalmente no fue aprobado (Lugones y Osycka 2018). 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), caracterizando así, de manera precisa, las limitaciones estructurales de la Argentina como país semiperiférico para embarcarse en la promoción de una próxima TPG.

Finalmente, la reorganización de la FAN se dio luego de la renuncia de Lavagna, en noviembre de 2005, y su reemplazo por Felisa Miceli al frente del Ministerio. La nueva ministra nombró a una asesora para el área de la nanotecnología, quién impulsó la creación de un Consejo Asesor de la FAN, integrado por científicos y tecnólogos destacados de las principales instituciones públicas de I+D; desempeñó la función de asesorar a la FAN para la planificación, organización y ejecución de sus actividades y fue quien decidió abandonar el vínculo con Lucent.¹³

Lamagna, que fue presidente del Consejo Asesor, explicó que luego de la renuncia de Lavagna se decidió no invertir los 10 millones de dólares en Bariloche, porque

toda la ciencia de Argentina dijo ‘¿Cómo? ¿10 millones de dólares sólo para Bariloche?’ [...]. Agarraron los 10 millones y lo que hicieron fue distribuir la plata en muchos grupos y no quedó nada sustantivo

Entrevista con Alberto Lamagna, 6/06/2018).

En este sentido, entre agosto y octubre de 2006, Miceli hizo pública la apertura del primer concurso Ideas-Proyecto para el financiamiento de iniciativas en nanotecnología orientado a innovación productiva. La FAN financiaría entre el 50 y el 80% de los proyectos “viables” con un monto máximo de 2 millones de dólares y sin tope mínimo para la participación de las PyMES, donde la contraparte debía hacerse cargo de entre un 50 y un 20% de la inversión. La convocatoria incluía empresas, organismos públicos, instituciones y grupos de investigación y los proyectos debían concluir con un producto a ser comercializado e incluir un plan de negocios que muestre la factibilidad de esa comercialización (Andrini y Figueroa 2008).

Lamagna criticó la decisión de la FAN en esta convocatoria de proponerse financiar múltiples proyectos, a los cuales denominó como “pequeñas financiaciones”. Así, según el entrevistado

Hubo una discusión, la eterna discusión. Vos tenés diez millones de dólares y querés dejar una marca importante en el sistema científico, tenés que hacer un gran proyecto con esos diez millones de dólares, que lo usen después todos, pero no decirles a los 100 científicos ‘¿Cuánto querés?’ No hacés nada.

Así, según la visión de Lamagna,

tenés que agarrar esos diez millones de dólares y hacer algo que deje una marca en el sistema, como puede ser una sala limpia con equipos para fabricar o para medir (Entrevista con Alberto Lamagna, 6/06/2018).

Entonces, la visión de Lamagna era “hacer un gran proyecto” como sería una sala limpia para fabricación de dispositivos. Sin embargo, “el resto de los científicos que estaban ahí, que la mayoría eran del CONICET y universidades, decían ‘No, hay que invertir esos diez millones de dólares en los veinte grupos’”:

Pero así no haces nada, no cambiás la historia. Nosotros como CNEA cambiamos la historia, poniendo plata y haciendo las salas limpias [...]. En CNEA, como tenemos los proyectos de inversión, pudimos hacer las dos salas limpias. Tenemos otra lógica de funcionamiento que no es la de las universidades y la del CONICET, que tienen plata y la dividen y así no hacés nada, no dejás ninguna marca en el sistema (Entrevista con Alberto Lamagna, 6/06/2018).

Finalmente, al concurso de Ideas-Proyecto se presentaron veinte ideas-proyecto y se aprobaron diez,¹⁴ aunque solo el proyecto de INIS-Biotech, empresa de la Fundación Instituto Leloir, logró avanzar y recibir financiamiento.¹⁵ Los obstáculos decisivos en este período fueron el exceso de burocracia y la escasez de empresas.

Debido a que la FAN no logró comenzar a financiar proyectos –tanto por trabas internas como por la propia estructura productiva nacional que recién estaba empezando a conocer la nanotecnología–, la agenda de la Fundación comenzó a cambiar de rumbo

paulatinamente, encontrando un espacio vacante en la divulgación y difusión de la nanotecnología. En 2007 un hito importante fue la organización del Congreso Nanomercosur, el primer evento de difusión de la nanotecnología (Saber Cómo 2007).¹⁶ Más allá de esto, la FAN no encontró durante 2006 y comienzos de 2007 un rumbo; transitaría un período de escasez de actividades hasta el 2011 (Surtayeva y Hurtado 2019).

Mientras la FAN comenzaba a perfilar sus escasas actividades hacia la difusión, el Consejo Asesor debatió la posible adquisición de un microscopio con los 10 millones de dólares asignados inicialmente a la Fundación –el valor del microscopio se estimaba entre 3 y 5 millones de dólares–, aunque finalmente no fue comprado (*El Cronista*, 2008). Una entrevistada relató que el Consejo Asesor de la FAN estaba “jugado en poner la plata ahí”, pero que el problema fue que no había un acuerdo respecto a la administración de ese microscopio. En su opinión, cada decisión “lleva un tiempo que a veces no se quiere tomar”, pero “eso va a hacer más efectivos los resultados después”. Entonces, en sus palabras,

yo prefiero lo lento y seguro, sobre todo en políticas públicas [...] cuando vos hacés una política pública y embarcás el país en una línea, hay que pensar estratégicamente. En ciencia cuando metés un camino, el resultado no lo tenés ahí. Entonces, si me tomo un año en elegirlo no es perder tiempo. Es enfocarlo de la mejor manera, instalarlo (Entrevista con Lidia Rodríguez, 17/04/2018).¹⁷

Sobre la adquisición del microscopio, Lamagna comentó que fue su propuesta, realizada en conjunto con el INTI, en concreto el centro de Física y Metrología –en sus palabras, “detectamos que faltaba microscopía” pero “el *know how* estaba en Argentina”–, dado que la creación de la sala limpia había sido cancelada. La propuesta fue “poner en la frontera, entre INTI y CNEA, el Instituto de Microscopía”, donde la CNEA “pagaría la mitad del equipo, que salía 3 millones de dólares, y el INTI ponía el edificio”. Sin embargo, “aun así no hicieron nada desde la FAN” y “prevaleció la idea de darle un poquito a cada uno”, “la teoría de distribuir un poquito a cada uno y cada uno sigue con su pequeña línea de investigación. Pero así no haces ninguna historia ni marca. ¿Quién compra un equipo de 3 millones de dólares? ¿De dónde lo sacás? No había financiamiento para eso. La única institución que podía hacer estas cosas era la CNEA” (Entrevista con Alberto Lamagna, 6/06/2018).

Finalmente, ante la negativa de la FAN, el microscopio termina siendo comprado por la CNEA y es “el microscopio más avanzado de Argentina”, que está en el CAB. Desde CNEA

“tratábamos de avanzar con plata sólo de CNEA cuando se cae la compra del microscopio por la FAN y prevalece

la otra idea de Ideas-Proyectos e infinitos proyectos, eso de dar un poquito a cada uno”. Indirectamente “la FAN sirvió para disparar un montón de cosas en CNEA. (...) Como había mucha plata en esa época, podíamos diseñar cosas y hacerlas [...]. Yo lo que le critico a la FAN es que hoy no salieron a buscar plata [...]. Se quedaron muy estáticos, consumieron los 10 millones de dólares” (Entrevista con Alberto Lamagna, 6/06/2018).

Ahora bien, en cuanto a las políticas de promoción a la nanotecnología, tras la renuncia de Lavagna, 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 del 2006 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 definidas como “estratégicas” (SECyT 2006: 17), 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.¹⁸

La nanotecnología en la CNEA

Como se mencionó anteriormente, la investigación en nanotecnología en la CNEA fue desarrollándose desde los años noventa; durante la década siguiente se amplió la infraestructura de la institución y su equipamiento. Lamagna relató que la inversión más grande en nanotecnología “la hizo la CNEA en el *LabMems fase 1*” -esta inversión incluía la construcción de una sala limpia en el CAC- a través de un BAPIN del Ministerio de Economía y Producción para el CAC.¹⁹ En 2003, “teníamos el laboratorio *LabsMems fase 1* financiado, pero vacío, sin equipos” y por medio de un Proyecto de Modernización de Equipamiento (PME), CNEA adquirió “la primer máquina para la sala limpia”. Así, el primer y segundo equipo llegan a través del PME. En 2006 Lamagna fue nombrado Gerente de Área de Investigación y Aplicaciones no nucleares en CNEA y “escribimos el proyecto de inversión *LabMems fase 2*, que completa la sala limpia de Buenos Aires” y que “es de lo más avanzado en Latinoamérica”. Seguidamente, en 2007,

siendo Gerente de Área, tengo más plata y más poder y es un gobierno que invirtió mucho, escribo otro proyecto de inversión, junto con la gente de Bariloche, que se llamó Nanociencia y Nanotecnología, y lo financio (Entrevista con Alberto Lamagna, 6/06/2018).

En ese año se había decidido dar de baja la construcción de la sala limpia en el CAB en el marco de la FAN, por lo que, según el entrevistado, cuando vio que compañeros de nanotecnología de Bariloche se quedaban sin la financiación, como Gerente de Área, les propuso que se presentaran a un BAPIN:

Escribimos Nanociencia y Nanotecnología fase 1 en ese BAPIN y ese BAPIN hoy lo puedes ver en la sala limpia de Bariloche. Yo tuve que ver en las dos salas limpias: sin plata en la que hicimos en Buenos Aires con Alfredo Boselli, escribimos el proyecto y no había dinero. Y cuando viene el nuevo gobierno, ya estaba aprobado ese proyecto de inversión, empiezan a poner plata. Y en Bariloche lo hicimos en el 2008–2009, pero ya como Gerente de Área que yo asignaba la plata [...] pero para fabricar. Les impuse la lógica de fabricar [...]. Como había mucha plata en esa época podíamos diseñar cosas y hacerlas [...]. La FAN sirvió para disparar un montón de cosas en CNEA (Entrevista con Alberto Lamagna, 6/06/2018).

En paralelo a la construcción de las dos salas limpias en CNEA –en el CAC y en el CAB–, durante 2007 se creó el Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN) dentro de CNEA, agrupando a todos los investigadores de la institución que llevaban a cabo proyectos de investigación en el área de la nanotecnología.

El instituto forma parte de la Gerencia del Área de Investigación y Aplicaciones no nucleares de la CNEA y las actividades que desarrolla se orientan en torno a la adquisición, producción y reserva de conocimientos como base del desarrollo de la tecnología nuclear y la ciencia de materiales. El INN procuró dar un marco institucional a las investigaciones vinculadas a nanotecnología que se realizaban al interior de la institución.²⁰ En la mayoría de los casos, los investigadores afiliados al INN comenzaron a reorientar sus investigaciones hacia la nanoescala al principio de la década de 1990, estableciendo colaboraciones formales e informales con grupos nacionales y extranjeros que les permitieron estudiar y fabricar sistemas nanoscópicos, utilizar nanopartículas para detectar e identificar moléculas orgánicas, caracterizar materiales con propiedades magnéticas blandas, y diseñar dispositivos magnetoelectrónicos. Además, los grupos de trabajo experimentales pudieron avanzar también en el modelado de materiales y nanoestructuras susceptibles de ser aplicados a la fabricación de sensores, al almacenamiento y procesamiento de datos y al tratamiento de residuos peligrosos, entre otros (Reising 2009: 58).

Sobre los orígenes del INN, una entrevistada –directora del organismo en 2017– señaló que la NNI estadounidense influyó en este proceso y relató cómo fue cambiando la

interacción entre los investigadores formados en distintas disciplinas y que empezaban a converger a través de la nanotecnología:

En el año 2001/2002 se comienzan a hacer las primeras reuniones en Bariloche. Justamente en el año 1999 Clinton había anunciado la iniciativa nano [...] y había gente joven que había regresado de hacer posdocs en laboratorios importantes en Francia, especialmente europeos. Y empezaron a reunirse en Bariloche con la idea de generar, gente de distintos laboratorios, una especie de iniciativa nano en la Argentina [...] ahí comenzaron las reuniones anuales de nano, en Bariloche en el año 2003 [...] y ya en el año 2004 de las cuales participaron gente de otras instituciones, de las Facultad de Exactas (UBA), de Córdoba, de San Luis. En el 2004 la SECYT sale con el PAV que dio lugar a la creación de cuatro redes. Eran distintas áreas, una estaba más orientada a la física, otra tenía más de biología, otra de química [...] fue como un primer momento de integración. Los físicos estaban por un lado, no teníamos mucha interacción. Con los químicos, sí. Con los químicos ya había una interacción grande [...]. En esa reunión del 2004 en Bariloche, que fue tanta gente, se presentaban distintos grupos en distintas áreas de Bariloche, de Buenos Aires, de la CNEA [...] antes estábamos muy particionados. Los grupos de superficies trabajaban en superficies, los grupos de magnetismo trabajaban en resonancia magnética, o sea estaba muy disperso. Cada uno trabajando en su tema muy específico. Y a partir de esas reuniones hubo más interacción”
(Entrevista con Ana María Llois, 26/07/2017).

De esta manera, desde 2004 se empezó a hablar dentro de la CNEA de la creación de un instituto enfocado en nanotecnología. Parte de la actividad de este instituto giró en aquellos años alrededor de “un BAPIN para la construcción de una sala limpia en Bariloche” y una en Buenos Aires. Como resultado, en la actualidad hay dos salas limpias en CNEA –en CAC y CAB respectivamente– dado que “para fabricar cosas nano de tamaño nanométrico necesitas salas muy limpias”. Ahora bien, Llois explicó que el INN empezó en sus primeros años “desde la física, más bien orientado a lo básico” y que “si uno mira los documentos de aquellos años, son documentos que van hacia la investigación básica en el año 2001 y 2002”, pero después “tiene un vuelco porque naturalmente se inclina hacia la aplicación. De hecho, el INN dio lugar a 3 *spin off*”.²¹ En 2005 se creó en CNEA “lo que se llamó el Centro de

Nanociencia y Nanotecnología”, aunque “formalmente, en el organigrama de la CNEA, el INN se crea en el año 2007” (Entrevista con Ana María Llois, 26/07/2017).

Siguiendo con los orígenes de este instituto, Lamagna refirió que, en sus inicios, en 2004, el INN era llamado Centro de Nanociencia y Nanotecnología y que “lo impulsábamos Balseiro, Ernesto Maqueda que era Gerente del Programa de Investigaciones y yo” y cuando es nombrado Gerente de Área de Investigación y Aplicaciones no nucleares en 2006 “lo armé en la estructura como una subgerencia”:

“[...] fuimos varios, pero puse el gancho como Gerente de Área. Debe haber sido una de las primeras instituciones en Argentina que tenía en la estructura orgánica una subgerencia, el INN [...]. Después hubo una reorganización de la estructura y bajó a departamento [...] pero en la orgánica de CNEA fue la primer institución que tuvo un raviol que colgaba de la Gerencia de Área de Investigación [...] una cosa que fue un logro institucional, tener un raviol como le decimos acá, un raviol de estructura que reflejara hacia fuera el INN en CNEA” (Entrevista con Alberto Lamagna, 6/06/2018).

Sobre el funcionamiento, estructura y objetivos del INN, su directora en 2017 explicó que el INN se creó como una subgerencia interdisciplinaria y transversal. Es decir, el instituto es interdisciplinario dado que participa en las distintas gerencias que componen a la CNEA y no se restringe a la Gerencia del Área de Investigación y Aplicaciones no nucleares, en la cual fue creada. Además, es transversal debido a que los investigadores pertenecientes al INN no tienen ahí un lugar de trabajo sino que mantienen sus puestos en cada una de las gerencias a las que pertenecen. La condición para pertenecer al INN es que el 50% o más de la actividad de un investigador esté en temáticas relativas a nano o microtecnología. Por otra parte, el INN es binodal, teniendo un nodo en Bariloche y otro en Buenos Aires, siendo las dos salas limpias del CAC y del CAB las que dan lugar físico a este instituto. Hacia 2017 el INN contaba con alrededor de 230 miembros, incluyendo investigadores, técnicos, personal de apoyo, becarios doctorales y posdoctorales. Entre estos, 150 eran investigadores y tecnólogos, distribuidos aproximadamente una mitad en Bariloche y la otra en Buenos Aires. De estos:

Una buena parte [...] son investigadores de CONICET, tienen su lugar de trabajo en CNEA, pero no pertenecen a planta CNEA. Otros son de doble dependencia, CNEA y CONICET. Y otra porción que es solo CNEA [...] (Entrevista con Ana María Llois, 26/07/2017).

La misión del INN es desarrollar y gestionar proyectos en microtecnología y nanotecnología que tengan como parte de su objetivo, tanto la investigación de excelencia como el desarrollo de productos tecnológicos. Otros objetivos son impulsar la realización de actividades conjuntas entre institutos con otros organismos vinculados al sistema científico-tecnológico nacional y con empresas del sector, además de generar vinculaciones en el ámbito internacional: “De hecho, hay proyectos en el ámbito internacional con centros e institutos de excelencia fuera de la Argentina y dentro de la Argentina” (Llois, entrevista citada).

En simultáneo, su función principal en cuanto a las facilidades es mantener operativos a los dos grandes laboratorios (las salas limpias), coordinando tareas con los laboratorios asociados y manteniendo actualizadas las instalaciones y los equipamientos. Al respecto, Llois relató que hay 3 salas limpias en instituciones nacionales de Argentina. Una está en el INTI y las otras dos están en CNEA [...]. Así, en la estructura del instituto están las dos salas limpias, que son sus grandes laboratorios, y, a su vez, el INN cuenta con alrededor de 20 o más laboratorios asociados al CAC y al CAB. Asimismo, el INN “también tiene como función propiciar convenios con instituciones nacionales”. En este sentido, el 31 de julio de 2017 se firmó un convenio entre CNEA y CONICET, a través del cual el INN pasaba a ser en una Unidad Ejecutora de CONICET, siendo la “primera Unidad Ejecutora de doble dependencia de CNEA”. La dirección y vicedirección del INN se alterna entre el CAC y el CAB: “Si la dirección está en el CAC, la vicedirección en el CAB y [viceversa]. Tiene un Consejo Consultivo en cada uno de los centros, uno en Bariloche y uno en Buenos Aires. Esos consejos tienen siempre al jefe de la sala limpia de cada uno de los nodos y además tienen otros cinco miembros, cinco en Bariloche y cinco en Buenos Aires” (Llois, entrevista citada).

Respecto de los proyectos y temáticas, Llois señaló que el instituto tiene “muchos proyectos andando” en áreas tales como nanonuclear, bio y nanomedicina, nanoenergía, nanomateriales en micro y nanodispositivos y “hay grupos trabajando en remediación ambiental y medioambiente” (id., entrevista citada).

Nuevas políticas de promoción a la nanotecnología y el rumbo de la FAN

A fines de 2007 fue creado el Ministerio Nacional de Ciencia y Tecnología (MINCyT), planteándose una oportunidad para dar un salto cualitativo en las políticas para el sector, centradas hasta entonces en las instituciones de I+D. El químico Lino Barañao fue designado al frente del nuevo ministerio y la FAN quedó bajo su dependencia.

El aludido salto cualitativo 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 millones de dólares en aportes no reintegrables por proyecto- (FSNano 2010). Al programa solo podían aplicar “consorcios asociativos público-privados” (CAPP), figura

jurídica que formalizaba la sociedad entre instituciones públicas y empresas para impulsar emprendimientos tecnológicos conjuntos que tuvieran como meta desarrollar un nuevo producto. 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 estas debían traducirse en posibilidades concretas de transferencia. Así, FONARSEC financiaría exclusivamente proyectos de investigación aplicada, desarrollo tecnológico y/o transferencia y difusión de tecnologías, quedando explícitamente fuera de su alcance la investigación básica (Lengyel et al. 2014; Surtayeva 2019).

Como resultado, en 2010 fueron aprobados ocho proyectos, por un monto total aproximado de 30 millones de dólares incluida la contraparte.²² En una posterior convocatoria en 2012 se financió un solo proyecto, enfocado en el desarrollo de nanoprodutos en sistemas Roca-Fluido (FSNano, 2012), que recibió alrededor de 10 millones de dólares, incluyendo la contraparte.²³ 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 TICs como tecnologías de propósito general (TPG) (MINCyT 2012:41). 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).

El FONARSEC, cuyo objetivo general fue vincular al sector científico con el productivo –a través de proyectos consorciados entre el sector de investigación y el productivo– y que financió nueve proyectos de nanotecnología en 2010 y 2012, posee componentes del tipo de política tecnológica definida como *mission oriented*, dada su focalización a objetivos específicos.²⁴ En términos generales, los FONARSEC atravesaron dificultades tales como demoras en la adquisición de equipamiento, la obtención de permisos para realizar las compras bajo el proceso de licitación correspondiente y demoras en el desembolso del dinero para dar inicio a los proyectos, la pérdida del poder de compra de los CAPPs como consecuencia de los procesos de devaluación de la moneda nacional y la falta de una unidad capacitada y estable dedicada a la administración en la ANPCyT.²⁵ Aun así, pese a las dificultades operativas y de gestión en el que estuvo inserto, el FONARSEC generó impactos a nivel de casos testigos y se obtuvieron mejores resultados en aquellos casos en los que hubo un involucramiento empresarial y donde las empresas lideraron los proyectos, definiendo objetivos en base a sus necesidades productivas. En otras palabras, los proyectos que reunieron mayor cantidad de características *mission oriented* fueron los que mejores resultados obtuvieron (Surtayeva 2019; Surtayeva 2020).

Por otra parte, la FAN, transitó un período de inactividad entre 2006 hasta 2011 –solamente había realizado los eventos de difusión bianuales–. Sin poder encontrar su rol institucional –ya que no logró financiar proyectos–, la agenda de la Fundación comenzó a cambiar de rumbo paulatinamente, encontrando un espacio vacante en la divulgación y difusión de la nanotecnología (Surtayeva y Hurtado 2019). El vacío de actividades de la FAN comenzó a revertirse en 2011, cuando asume la presidencia el ingeniero Daniel Lupi, quien propuso 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” (Entrevista con Daniel Lupi, 10/10/2017).²⁶ De esta forma, a las ediciones bianuales del Nanomercosur, se fueron sumando otros programas de difusión: “Nanotecnología para la Industria y la Sociedad” –motivado en que la escasa relación entre científicos y empresarios–, 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 secundarios– y la presencia de la FAN en la feria de ciencia y tecnología Tecnópolis.

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 financiar 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 (*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 no se espera que los fondos Pre-Semilla sean devueltos, los Semilla son “fondos que se espera recuperar a través de royalties, compartiendo el riesgo” (Entrevista con Daniel Lupi, 10/10/2017).

Por último, 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. Con esto, la FAN podría sumar la incubación de empresas a sus funciones (Toledo 2013: 28). La iniciativa, posteriormente llamada “Laboratorio Nanofab”, además de la idea de incubación de empresas, sumaría el ofrecimiento de sus instalaciones como plataforma tecnológica de servicios, buscando optimizar la compra de equipamiento. El edificio se inauguró a fines de 2015; en 2016 se iniciaron las actividades del Programa Nanofab de incubación. Al cierre de este trabajo, a principios de 2021, se incubaban en la FAN once empresas de base tecnológica.

Empresas spin off de nanotecnología de CNEA

Argentum Texne

Argentum Texne es una empresa de base tecnológica que nació en 2014, fruto de los esfuerzos de un grupo de investigadores de la CNEA, la UNSAM y una empresa privada, Bell Export. Bell Export, fundada en 1989 en la provincia de Córdoba, desarrolla y fabrica equipos para la generación de gas oxígeno, ozono y nitrógeno, y donde la nanotecnología es aplicada en el proceso de producción de los gases, pues se utiliza la tecnología PSA (adsorción molecular por balance de presiones), que permite separar moléculas en el orden de los angstroms-. Según el presidente de Bell Export desde 2006, Ricardo Daniel De Simone, ingeniero metalúrgico por la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), la necesidad de controlar y medir a esa escala los llevó a diseñar instrumentos de medición específicos, como el sistema de espectrometría de masa mediante movilidad iónica (IMS, por sus siglas en inglés), desarrollo que llevaron a cabo en el marco de un Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID) de la ANPCyT, en conjunto con la CNEA (Nitroair 2018; Invabio 2018).

Sobre esas bases, en 2014 la empresa Bell Export, en conjunto con grupo de investigadores de la CNEA y la UNSAM, obtuvo el subsidio Proyectos Regionales Integrados (PRIS),²⁷ uno de los varios componentes pertenecientes al Programa Nanopymes -este programa, cofinanciado entre el MINCyT y la Unión Europea, tuvo como objetivo, mediante el fomento a las PyMEs, contribuir al incremento del empleo a través de la introducción de nuevas tecnologías, mejorando la competitividad del sector privado agregando conocimientos y valor a sus productos y servicios-, dando origen a Argentum Texne, empresa de base tecnológica que, en sus inicios, estuvo incubada en la FAN. La empresa diseña, desarrolla y fabrica narices electrónicas -sistemas de olfatometría-, que son equipos que contienen sensores sensibles a un gran número de compuestos orgánicos volátiles, que pueden ser utilizados para control de calidad y desarrollo de industria alimenticia y cosmética, diagnóstico médico, monitoreo del medio ambiente, seguridad y toxicología, detección de narcóticos, sistemas de acondicionamiento de aire, etc., 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 2021). Según Carlos Rinaldi, socio de Argentum Texne e investigador de la CNEA: “[...] los sensores que se utilizan para la detección de los gases se basan en el desarrollo de películas nanoestructuradas de óxido de estaño que, cuando entran en contacto con el oxígeno o con cualquier otro gas, producen reacciones físicas sobre la superficie” (Andahazi 2015).

Respecto del período de incubación de Argentum Texne en la Nanofab, el presidente de la FAN reflexionaba en 2017: “es una cosa que les está costando, porque si bien tuvo aplicaciones interesantes, no sé si falló técnicamente o qué, o el marketing, pero hay aplicaciones muy interesantes que han hecho” aunque “no encuentran el modelo de comercio”.

Añadió que por esta cuestión “estoy por echarlos de acá de la incubación”, y que por el momento “no lo hicimos porque esperamos que la cosa funcione, pero hay que ayudarlos a encontrar el modelo de negocios” (Entrevista con Daniel Lupi, 10/10/2017).

Argentum Texne se encuentra ubicada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y según su sitio web, está comenzado a dar sus primeros pasos en la producción de sistemas olfatómicos y sistemas para separación de gases, combinando nanotecnología y fluidodinámica.

LiZys

LiZys es una empresa de base tecnológica, surgida como una spin off de un grupo de investigación en nanomagnetismo de la CNEA-CAB, fundada en 2015 por dos socios emprendedores -los doctores Roberto Zysler y Enio Lima Junior-, a raíz de un desarrollo de nanopartículas con propiedades magnéticas para utilización en casos de desprendimiento de retina. LiZys desarrolla soluciones para la industria y la investigación en bio-nano-medicina utilizando nanopartículas magnéticas. Se encuentra ubicada en San Carlos de Bariloche, provincia de Río Negro.

La empresa diseña, fabrica y comercializa nanopartículas magnéticas funcionalizadas y nanomateriales magnéticos compuestos a pedido, para distintas aplicaciones, desde desarrollos biomédicos, como kits de diagnóstico, identificación/separación magnética de moléculas y células específicas, a remediación ambiental. También ofrece consultoría y servicios en proyectos o acciones en los campos del magnetismo y nanomagnetismo (LiZys 2021).

MZP

MZP es una empresa de base tecnológica surgida en el Instituto Balseiro en 2010, a partir del desarrollo de un dispositivo de diagnóstico médico para medir la viscosidad de fluidos, aunque legalmente conformada como empresa en 2016. MZP se encuentra ubicada en San Carlos de Bariloche, provincia de Río Negro, y fue creada por iniciativa de un equipo de tres doctores en física -Hernán Pastoriza, Darío Antonio y Nadim Morhell- calificados en las áreas de microfabricación, electrónica, dinámica de fluidos y medicina.

La empresa diseña, fabrica y comercializa equipos de diagnóstico clínico portátiles basados en microtecnología y sistemas integrados, cuyo primer desarrollo fue el microviscosímetro (MZP, 2021). Se trata de un microsensor de viscosidad sanguínea que detecta problemas circulatorios en bebés, cuyos primeros prototipos se realizaron en la sala limpia del CAB. En concreto, el producto logra medir la viscosidad de la sangre de bebés con una gota de muestra, aportando información para prevenir y monitorear diversos problemas circulatorios asociados a la hiperviscosidad sanguínea en neonatología. El dispositivo es un microchip de un centímetro cuadrado fabricado con técnicas de micromaquinado, compuesto por estructuras micrométricas donde se mide el movimiento del líquido que se quiere analizar. Para llevar a cabo este desarrollo, el equipo contó con diversos subsidios, entre

ellos un Pre-Semilla de la FAN en 2013 y otro del Programa Nanopymes, el PRIS. El último subsidio que recibieron fue un Empretecno 2013, perteneciente a la ANPCyT, en el que se conformó un consorcio público-privado entre CNEA, el CONICET e INVAP.

Reflexiones Finales

La promoción de la nanotecnología por parte de los países centrales, conceptualizada como una TPG, especialmente desde Estados Unidos, tuvo una fuerte incidencia en la definición de las prioridades de las agendas de investigación de los países semiperiféricos, como Argentina. Aquí los primeros pasos en materia de políticas de promoción de la nanotecnología se dieron a fines de 2003 e inicios de 2004, en un contexto de 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 del conocimiento al mejoramiento de productos y procesos. Esta debilidad inicial se pone en evidencia posteriormente en la dispersión de las metas de la política de nanotecnología y en los cambios en las prioridades de la FAN a lo largo de su trayectoria.

Si bien en las primeras iniciativas de impulso primó una orientación más científica que tecnológica –mediante iniciativas tendientes a fortalecer la nanociencia a través de la creación de redes científicas orientadas a la generación de conocimiento en un área emergente–, la creación de la FAN en 2005 buscó desplazar el centro de gravedad hacia el sector productivo, relegando a un papel secundario a la comunidad científica, aunque al girar en torno a una alianza con una multinacional estadounidense no resulta claro de qué manera se verían beneficiadas las empresas argentinas a través de esa colaboración.

Por un lado, la visión de algunos investigadores de CNEA –con Lamagna representando esta postura– incluía la fabricación de dispositivos nanotecnológicos en Argentina, mientras que López –un investigador argentino miembro de Lucent Technologies–, junto con otros investigadores, sostenían que por su categoría de país periférico, en Argentina nunca se podrían fabricar dispositivos nanotecnológicos, por lo que se relegaba al país a tareas de caracterización y medición de los desarrollos que realizara la multinacional. De esta forma se buscaba perfilar al país a ser un mero consumidor/comprador de desarrollos nanotecnológicos generados en los países centrales.

Ahora bien, luego de que la FAN, a través de un Consejo Asesor integrado por científicos, decidiera abandonar el vínculo con Lucent, se enfrentan dos visiones: por un lado, la visión científica de financiar varios pequeños proyectos –representada por científicos de CONICET y universidades nacionales– y la visión de financiar la construcción de una sala limpia en el país para desarrollo de dispositivos o la compra de un microscopio para investigación en nanotecnología –representada por investigadores de CNEA y algunos del INTI–. Y, si bien primó la visión de financiar varios proyectos –aunque bajo una fuerte orientación productiva–, sólo se logró financiar uno, ya que no se consideró la inexistencia de un mercado de nanotecnología

en el país, existiendo solo algunas pocas empresas interesadas en la nanotecnología, mostrando la desconexión entre el diseño de las políticas y la realidad empresarial local.

El fracaso de las Ideas-Proyecto y la polémica generada en torno a la creación de la FAN congelaron su actividad inicial hasta 2011, cuando sus objetivos se reorientaron a la difusión y divulgación, aunque, según el presidente de la FAN, este es un nuevo camino para hacer llegar la nanotecnología al sector productivo. Además, la FAN empezó a financiar pequeños proyectos en las etapas Pre-Semilla y Semilla,²⁸ a través de un subsidio a aquellas ideas aprobadas por su Consejo de Administración, buscando recuperar, en menor escala, el objetivo inicial de impulsar el mejoramiento del desempeño de algunas empresas a través de la incorporación de nanotecnología. También fue creado el laboratorio Nanofab, un espacio equipado que ofrece servicios a empresas e investigadores y que cuenta con salas para incubación empresarial.

Se puede decir entonces que luego de más de quince años de trayectoria, la FAN logró impactar al nivel de casos testigos a través de la financiación de pequeños proyectos y la incubación de once emprendimientos por el programa Nanofab. Si bien la financiación de proyectos figura entre sus objetivos, por un lado, sus instrumentos disponen de montos reducidos en contraposición a los que destina la ANPCyT a la nanotecnología y, por otro lado, la difusión y la divulgación de la nanotecnología abarca la mayor parte de sus actividades.

Distanciándose de la visión de la FAN de financiar múltiples proyectos, pero con sumas reducidas, la CNEA promovió el desarrollo de la nanotecnología a través de la construcción de dos salas limpias -una en el CAC y otra en el CAB- con su consecuente equipamiento. En el marco del INN nacieron tres empresas spin off: Argentum Texne, que diseña y desarrolla sistemas de olfatometría; LiZys, que diseña y fabrica nanopartículas magnéticas funcionalizadas y nanomateriales magnéticos compuestos a pedido para desarrollos biomédicos y remediación ambiental; y MZP, que diseña y fabrica equipos de diagnóstico clínico portátiles basados en microtecnología y sistemas integrados.

A partir de la creación del MINCyT, las políticas comenzaron a incorporar al sector productivo y a orientar las convocatorias de tal manera que una condición necesaria fuera que haya empresas participando en los proyectos, sin embargo, el factor empresarial comenzó a ser convocado sin coordinación con las políticas industriales. Asimismo, desde la gestión de las políticas públicas, la nanotecnología fue promovida bajo el enfoque de TPG -una forma específica de tecnología de frontera-, aunque desde un contexto semiperiférico. Sin embargo, utilizar el concepto de TPG, concebido en base a otras realidades socio-económicas, para el diseño de las políticas es erróneo en contexto semiperiférico. Así, en los países centrales las inversiones en nanotecnología son dos órdenes de magnitud mayor que en Argentina y las capacidades organizacionales e institucionales de gestión de las tecnologías también son inconmensurables.²⁹

Como corolario, las políticas de promoción a la nanotecnología tampoco fueron gestionadas como una TPG en la práctica.³⁰ En este sentido, haciendo énfasis en las capacidades que dispone un país semiperiférico para impulsar el desarrollo de la nanotecnología como una TPG, se puede decir que, partir de una matriz productiva agroexportadora con algunas capacidades industriales de baja y media intensidad tecnológica –perfil de una economía semiperiférica– y proponerse la incorporación de nanotecnología como un gran área de conocimiento –es decir, la creación de entornos industriales de alta intensidad tecnológica– supone capacidades estatales sofisticadas para concebir e impulsar una trayectoria evolutiva de escalamiento selectivo en la jerarquía de habilidades y competencias tecnológicas, organizacionales, institucionales y políticas.

Ahora bien, con el FONARSEC las políticas de promoción de la nanotecnología buscaron dar un salto cualitativo en los intentos de vincular el sector académico y de investigación con el sector productivo, ya que este instrumento posee componentes del tipo de política tecnológica definida como *mission oriented*, dada su focalización a objetivos específicos. En contraposición, anteriormente, la estrategia había sido financiar la nanotecnología como gran área de conocimiento, sin definir nichos ni líneas temáticas precisas de demanda de nanotecnología, lo que dispuso la escasa inversión mayormente en ciencia básica y en algunos programas de ciencias aplicadas. En este sentido, se puede decir que la CNEA, al distanciarse de la lógica de la promoción de la nanotecnología a través del financiamiento de muchos pequeños proyectos, apuntó a llevar a cabo políticas orientadas a misiones, redimensionando la necesidad de la nanotecnología a una trayectoria evolutiva específica y definiendo nichos precisos de demanda, como pueden ser las aplicaciones biomédicas, sector en donde la Argentina muestra senderos de desarrollos tecnológicos exitosos, con expansión y diversificación y, en menor medida, con exportaciones de alto valor agregado.

¹ Algunos ejemplos de TPGs son la máquina de vapor, la electricidad, los semiconductores, la aeronáutica, la energía nuclear, la tecnología espacial, las tecnologías de la información y la comunicación (TICS) y la biotecnología.

² La NNI, parte del diseño de una red compleja de organizaciones donde intervienen múltiples agencias, fue acompañada por financiamiento público creciente (NNI, 2006: 29-30). Los fondos pasaron de 255 millones de dólares en 1999, a 464 millones en 2001 y a 1781 millones en 2010, “una de las mayores inversiones del gobierno [norteamericano] en tecnología desde el programa Apollo” (Motoyama et al. 2011: 110). Acumulativamente, la NNI recibió un total de más de 25.000 millones de dólares desde su inicio formal en 2001 hasta 2017 (NSTC 2017).

³ Sobre el impulso de la nanotecnología en América Latina, puede verse: Foladori et al. (2012); Invernizzi et al. (2014), Foladori (2016) e Invernizzi et al. (2019).

⁴ Es importante aclarar que, aunque suelen utilizarse en ocasiones como sinónimos, en rigor, nanociencia y nanotecnología no son lo mismo. La nanociencia consiste en el estudio de los fenómenos y manipulación de materiales a escala atómica, molecular y macromolecular, donde las propiedades difieren significativamente de las propiedades de una escala mayor. Mientras que las nanotecnologías son el diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas complejos mediante el control de la forma, el tamaño y las propiedades de la materia a escala nanométrica (RS & RAE 2004). Por su definición ligada estrechamente a la escala nanométrica, la nanotecnología no es precisamente un fenómeno completamente nuevo, dado que las nanopartículas y nanoestructuras son parte de la naturaleza y su utilización viene de larga data. Lo que es relativamente nuevo es la habilidad de los humanos para trabajar, medir y manipular, a escala nano, el tamaño, la forma y las propiedades de la materia, estructuras y partículas, para diversas aplicaciones a través de disciplinas como la física, la química y la biología (BET 2009).

⁵ El Diálogo Argentino fue un proceso –convocado por el gobierno nacional, la iglesia católica y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) el 14 enero de 2002– que, mediante la participación de la sociedad, buscó contribuir a la reconstrucción de las bases sociales frente a la profunda crisis político-institucional, económica y social que sufría la Argentina. Contó con propuestas en el terreno socio-laboral-productivo, educación, salud, justicia y reforma política y hubo una mesa dedicada a Ciencia y Tecnología. Para más información: <http://dialogo-ciudadano.com.ar/institucional/historia/> (Consultado el 29/06/2018).

⁶ El EuroNanoForum es el foro Europeo de Nanotecnología más importante, dirigido a científicos, industriales y funcionarios vinculados a la temática, que comenzó a realizarse en 2003 y se continúa organizando hasta la fecha.

⁷ Una de las redes fue “Laboratorio en Red para el Diseño, Simulación y Fabricación de Nano y Micro Dispositivos, Prototipos y Muestras”, con participación de instituciones como la CNEA –el Centro Atómico Constituyentes (CAC) y el Centro Atómico de Bariloche (CAB)–, el CONICET y la Universidad Nacional del Litoral (UNL), la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER) y la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) y estuvo dirigida por el doctor Alberto Lamagna, actual vicepresidente de CNEA. Su objetivo fue conformar una red de laboratorios con capacidad para –como lo indica su nombre– diseñar, simular y fabricar muestras, prototipos y dispositivos de la micro y nanoescala (PAV 2004).

⁸ Laboratorio limpio, cuartos limpios, son ámbitos diseñados para evitar la contaminación y en ellos el aire es tan limpio que no afecta a la construcción de dispositivos.

⁹ Decreto 380, B.O. 30643 del 29.4.05

¹⁰ Un “lab on a chip” es un dispositivo que integra funciones propias de un laboratorio en un único chip cuyas dimensiones van desde solo unos milímetros hasta unos pocos centímetros cuadrados y permite el manejo de volúmenes de fluidos extremadamente pequeños.

¹¹ Conrado Varotto es un físico que impulsó la creación de INVAP y se desempeñó como director técnico y ejecutivo de la CONAE entre 1994 hasta 2018. En el contexto de la creación de la FAN, por su vínculo con CONAE, junto con Lamagna, buscó orientar la micro y nanotecnología a desarrollos vinculados al espacio.

¹² El decreto 380/2005 era contrario al Artículo 12 de la Ley 25.467 del 2001, de creación de la ANPCyT “como organismo encargado de la promoción y de administración de los fondos provenientes de las distintas fuentes y los adjudica a través de evaluación, concursos, licitaciones o con mecanismos equivalentes que garantizan transparencia. El decreto produce una adjudicación directa de fondos y quiebra el sistema científico nacional por alterar el espíritu de la norma dictada por el Congreso, que solo puede ser modificado por otra Ley” (Senado y Cámara de Diputados de la Nación 2005).

¹³ Participaron investigadores de la CNEA, la UBA, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), INVAP, el CONICET, la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

¹⁴ 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).

¹⁵ El proyecto fue cofinanciado con el Instituto Nacional del Cáncer estadounidense 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.

¹⁶ Posteriormente la FAN empezó a organizar ediciones bianuales de los congresos Nanomercosur.

¹⁷ Lidia Rodríguez es socióloga. Se desempeñó como asesora en el Ministerio de Economía y Producción desde enero de 2006 y, entre el 1 de febrero de 2006 hasta febrero de 2010, fue miembro del Consejo de Administración de la FAN (FAN 2010).

¹⁸ Los dos proyectos de nanotecnología fueron el Centro Interdisciplinario de Nanociencia y Nanotecnología (CINN), que recibió alrededor de 3 millones de dólares, y el nodo Nanotec, que recibió más de 2 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: 21-22), aunque las deficiencias se concentraron en el plano productivo ya que no generó interés ni participación empresaria. 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).

¹⁹ BAPIN (Banco de Prioritarias de Inversión Pública) es el Sistema de Información donde los Organismos Públicos registran todos los proyectos de inversión pública a ser financiados con recursos del Estado Nacional.

²⁰ Disponible en: <http://www.cab.cnea.gov.ar/inn/index.php/el-inn> (Consultado el 17/06/2019).

²¹ Estas son Argentum Tekne, LiZys y MZP.

²² Los proyectos financiados pueden verse en: <http://www.agencia.mincyt.gov.ar/archivo/1099/fonarsec/res03-11-fsnano2010-financiados>. (Consultado el 21/05/2015).

²³ El proyecto financiado puede verse en: <http://www.agencia.mincyt.gov.ar/archivo/1470/fonarsec/res454-12-nanotecnologia-sist-roca-fluida>. (Consultado el 18/01/2015).

²⁴ Las temáticas y líneas prioritarias dentro del área de nanotecnología fueron: nanoarcillas, aleaciones nanoestructuradas y nanocompuestos de matriz metálica, nanoencapsulados y MEMS (sistemas micro-electro-mecánicos). Los FONARSEC fueron creados como un recurso estratégico para resolver el problema de la escasa vinculación entre las actividades de CyT con las necesidades del desarrollo económico y social. Su objetivo era promover la producción de innovaciones en laboratorios públicos orientadas a mejorar la calidad de vida de las personas y la competitividad de las empresas locales al producir cambios en el perfil productivo de los bienes y servicios. Este fondo no buscó la generación de conocimiento en el área, sino que estuvo orientado hacia proyectos con objetivos de generar soluciones a problemas sociales y productivos concretos, algo que posee características del tipo *mission oriented* (Surtayeva 2019).

²⁵ En los FONARSEC la deficiencia más importante fue la desvinculación del MINCYT en los procesos de comercialización de los prototipos industriales desarrollados. Aunque, en general, existió una escasa participación empresarial en el proceso de desarrollo de los prototipos de los productos, siendo el actor beneficiario principal del instrumento los grupos de investigación pertenecientes a instituciones públicas de CyT, la etapa de comercialización quedaba explícitamente excluida del financiamiento del FONARSEC, por lo que el instrumento fue diseñado sin considerar la realidad empresarial, al no contemplar cómo se lograrían insertar los prototipos desarrollados en los procesos productivos de las empresas (Surtayeva 2019; Surtayeva 2020). Por el contrario, según la literatura sobre el surgimiento y desarrollo de las TPGs es responsabilidad del Estado financiar el desarrollo de nuevas tecnologías y la consecuente creación de nuevos mercados, acompañando todo el proceso con inversión paciente, a riesgo y de largo plazo, que es capaz de promover y allanar el camino a las innovaciones tecnológicas radicales, como lo son las TPGs, incluyendo, especialmente, la etapa de comercialización (Ruttan 2008; Mazzucato 2013).

²⁶ Daniel Lupi es Ingeniero Electromecánico, fue director del Centro de Investigación y Desarrollo de Electrónica e Informática (CITEI) del INTI entre 1995 y 2005 y se desempeña como presidente de la FAN desde 2011 hasta la actualidad.

²⁷ El PRIS buscaba promover el desarrollo de conocimientos y aplicaciones micro y nanotecnológicas dirigidas a resolver problemas o limitantes productivos que enfrentaban en Argentina los sectores de metalmecánica, agroalimentos, salud y electrónica. Incluían la participación de PyMEs, laboratorios y universidades.

²⁸ En 2021, el Pre-Semilla otorga un monto de 200.000 pesos para 12 meses.

²⁹ Por ejemplo, para Argentina, entre 2006 y 2010, se estima una inversión de 50 millones de dólares (Salvarezza 2011), mientras que la NNI recibió un total de más de 25.000 millones de dólares desde su inicio en 2001 (NSTC 2017).

³⁰ En los FONARSEC la etapa de comercialización quedaba formalmente excluida.

Referencias bibliográficas

Andahazi, Laura (2015) *Nanotecnología en las pymes*. Disponible en: <http://noticias.unsam.edu.ar/wp-content/uploads/2015/12/lupi-pdf-uelm.pdf> accesado el 15 de abril 2021.

Andrini, Leandro y Santiago Figueroa (2008) “Governmental encouragement of nanosciences and nanotechnologies in Argentina”. En Guillermo Foladori, y Noela Invernizzi (eds.). *Nanotechnology in Latin America*. Berlin: Karl Dietz Verlag Berlin, 2008:27-39.

Argentum Texne (2021) Disponible en: <https://www.argentumtexne.com.ar/> accesado el 15 de abril 2021.

BET (2009) *Nanotecnología*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Disponible en: <http://www.mincyt.gov.ar/agenda/boletin-estadistico-tecnologico-bet-nanotecnologia-8023> accesado el 18 de febrero 2016.

Bresnahan, Timothy y Manuel Trajtenberg (1995 [1992]) “General Purpose Technologies: ‘Engines of Growth?’”. *Journal of Econometrics* 65(1):83-108.

Carrizo, Érica (2019) “Políticas orientadas a misiones: ¿son posibles en Argentina?” *Ciencia, Tecnología y Política* 2(3):1-8.

Delgado R., Gian Carlo (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.

El Cronista (2008) *La nanotecnología busca su lugar en el mercado, 29 de abril*. Disponible en: http://www.fundacionprotejer.com/noticias/nanotecnologia_busca_su_lugar_mercado.htm accesado el 20 de mayo 2015.

El Litoral (2005a) *Lanzaran paquete para fomentar la industria, 28 de abril*. Disponible en: <http://www.ellitoral.com/accesorios/imprimir.php?id=/diarios/2005/04/28/economia1/ECON-04.html>. accesado el 8 de mayo 2020.

El Litoral (2005b) *Polémica millonaria por la nanotecnología, 23 de mayo*. Disponible en: <http://www.ellitoral.com/index.php/diarios/2005/05/23/politica/POLI-04.html> accesado el 8 de mayo 2020.

EnerNews (2005) “Según el vice de Lucent, Argentina es el país más sólido de América Latina”, 4 de julio. Disponible en: <http://www.enernews.com/nota/181809/seg-el-vice-de-lucent-argentina-es-el-pas-ms-solido-de-amrica-latina> accesado el 18 de mayo 2018.

Ergas, Henry (1987) "Does technology policy matter?". En Bruce Guile y Harvey Brooks (Eds.), *Technology and Global Industry: Companies and Nations in the World Economy*. Washington, DC: National Academy Press, 1987:191-245.

FAN (2010) *Quién es quién en nanotecnología en Argentina*. Primera edición.

Foladori, Guillermo (2016) "Políticas públicas en nanotecnología en América Latina". *Revista Problemas del Desarrollo* 47(186):59-81.

Foladori, Guillermo y Tomás Carrozza (2017) "Políticas de nanotecnología en Argentina a la luz de criterios de la OCDE". *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 28(55):115-140.

Foladori, Guillermo y Noela Invernizzi (2013) "Inequality gaps in nanotechnology development in Latin America". *Journal of Arts and Humanities*. 2(3):35-45.

Foladori, Guillermo, Santiago Figueroa, Edgar Záyago-Lau y Noela Invernizzi (2012) "Características distintivas del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina". *Sociologías* 14(30):330-363.

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

Hurtado, Diego, Manuel Lugones y Sofya Surtayeva (2017) "Tecnologías de propósito general y políticas tecnológicas en la semiperiferia: el caso de la nanotecnología en la Argentina". *Revista Iberoamericana de CTS* 12(34):65-93.

Hurtado, Diego y Pablo Souza (2018) "Goeconomic Uses of Global Warming: The "Green" Technological Revolution and the Role of the Semi-Periphery". *Journal of World-System Review* 4(1):123-150.

IDEA (2004) *El Gobierno impulsa el desarrollo de tecnología y la alfabetización digital*, 3-5 de noviembre. Disponible en: http://www.ideared.org.ar/coloquio40/sintesis/Lavagna_Inversiones.asp accedido el 8 de junio 2015.

InvaBio (2018) Disponible: <http://www.invabio.com.ar/menu.html> accedido el 27 de julio 2018.

Invernizzi, Noela, Guillermo Foladori, Tomás Carrozza y Edgar Záyago-Lau (2019) “Políticas de Nanotecnología em Argentina, Brasil e México: emulação e adaptação”. *Revista de Estudos e Pesquisas sobre as Américas*, 13(3):388-415.

Invernizzi, Noela, Matthiew Hubert y Dominique Vinck (2014) “Nanoscience and Nanotechnology: How an Emerging Area on the Scientific Agenda of the Core Countries has been Adopted and Transformed in Latin America?” En Eden Medina, Ivan da Costa y Christina Holmes (Eds.), *Beyond Imported Magic. Essays on Science, Technology and Society in Latin America*. Cambridge, Mass: MIT Press, pp. 1-27).

iProfesional (2009) *Se diseñarán circuitos integrados en Argentina, 21 de mayo*. Disponible en: <http://www.iprofesional.com/notas/82404-Se-disearn-circuitos-integrados-en-Argentina>. accesado el 24 de mayo 2020.

La Capital (2004) *El ministro, a full con la nanotecnología, 6 de noviembre*. Disponible en: http://archivo.lacapital.com.ar/2004/11/06/economia/noticia_147520.shtml accesado el 20 de julio 2015.

Lengyel, Miguel, Carlos Aggio, Analía Erbes, Darío Milesi, Luis Gil Abinader y Alejandra Beccaria (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, Buenos Aires.

LiZys (2021) Disponible en: <http://lizys.com.ar/> accesado el 27 de julio 2020.

Lugones, Manuel y Mercedes Osycka (2018) “Desarrollo y políticas en nanotecnología: desafíos para la Argentina”. En Diego Aguiar, Manuel Lugones, Juan Manuel Quiroga y Francisco Aristimuño (dir.), *Políticas de ciencia, tecnología e innovación en la Argentina de la posdictadura*. Viedma, Río Negro, Argentina: Editorial UNRN. Disponible en: <https://books.openedition.org/eunrn/1234> accesado el 4 de julio 2018.

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

Mazzucato, Mariana (2014) A mission-oriented approach to building the entrepreneurial state. A ‘think piece’ for the Innovative UK. Disponible en: <http://marianamazzucato.com/wp-content/uploads/2014/11/MAZZUCATO-INNOVATE-UK.pdf> accesado el 10 de agosto 2020.

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> accesado el 20 de julio 2015.

Moledo, Leonardo (2008) *Nanodiálogo, narices y biosensores*, *Página /12*, 23 de julio. Disponible en: <https://www.pagina12.com.ar/diario/ciencia/19-108291-2008-07-23.html> accesado el 4 de julio 2018.

Motoyama, Yasuyuki, Richards Appelbaum y Rachel Parker (2011) “The National Nanotechnology Initiative: Federal support for science and technology, or hidden industrial policy?”. *Technology in Society*, 33(1-2):109-118.

MZP (2021). Disponible en: <http://www.mzptec.com/> accesado el 14 de abril 2021.

Nitroair (2021) Disponible en: <http://nitroair.com.ar/index.html> accesado el 27 de julio 2018.

NNI (2006) *A Matter of Size: Triennial Review of the National Nanotechnology Initiative*. Washington, D.C.: The National Academies Press.

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

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

PAE (2006) *Proyectos aprobados*, Resolución Directorio ANPCyT N° 034/2008. Disponible en: http://www.agencia2012.mincyt.gov.ar/IMG/pdf/PAE_financiados_web.pdf accesado el 19 de mayo 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> accesado el 8 de abril de 2015.

PAV (2004) *Proyectos Tipo II (Redes) – Financiados*. Disponible en: http://www.agencia2012.mincyt.gov.ar/IMG/pdf/pav2004_financiados_tipo_II.pdf accesado el 11 de marzo 2015.

Peres, Wilson y Annalisa Primi (2009) *Theory and practice of industrial policy. Evidence from the Latin American Experience*. Santiago de Chile: United Nations.

Reising, Ailín M. (2009) “Tradiciones de evidencia en la investigación a escala nanométrica: una aproximación a la “cultura epistémica” del mundo de lo pequeño”. *Redes* 15(29):49-67.

Roco, Mihail C. (2011) “The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years”. *Journal of Nanoparticle Research* 13(2):427-445.

Roco, Mihail. C. (2017) Overview: Affirmation of Nanotechnology between 2000 and 2030. *Nanotechnology Commercialization: Manufacturing Processes and Products*.

RS & RAE (2004) *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Londres: The Real Society & The Real Academy of Engineering.

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

Saber Cómo (2008) *Diseño de chips, mayo de 2008*. Disponible en: <https://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc64/inti10.php> accesado el 4 de julio 2018.

Salvareza, Roberto (2011) “Situación de la difusión de la nanociencia y la nanotecnología en Argentina”. *Mundo Nano* 4(2):18-21.

Sametband, Ricardo (2005) *Argentina invests US\$10 million in nanotechnology, 12 de mayo*. Disponible en: <http://www.scidev.net/global/technology/news/argentina-invests-us10-million-in-nanotechnology.html> accesado el 10 de marzo 2021.

SECyT (2006) *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Bicentenario” (2006-2010)*, Buenos Aires, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Disponible en: www.mincyt.gob.ar/_post/descargar.php?idAdjuntoArchivo=22513 accesado el 25 de mayo 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> accesado el 26 de diciembre 2016.

Surtayeva, Sofya (2019) *Cambio tecnológico y capacidades políticas, institucionales y organizacionales: análisis de la evolución de la nanotecnología en la Argentina (2003-2015)* Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, Argentina.

Surtayeva, Sofya (2020) “Políticas de promoción a la nanotecnología en contexto semiperiférico: el caso de los Fondos Argentinos Sectoriales”. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 31(60):34-70.

Surtayeva, Sofya y Diego Hurtado (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, Laura (2013) “Una experiencia de promoción de la nanotecnología en Argentina”. *Revista de Física*. (46E):25-30.

Vela, María y Laura Toledo (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*. 46:16-24.

Vila Seoane, Maximiliano (2011) *Nanotecnología: su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial*. Tesis de maestría. Instituto de Desarrollo Económico y Social, Grupo Redes, Universidad Nacional de General Sarmiento.

Wallerstein, Immanuel (1974) *The Modern World-System I: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century*. New York: Academic Press.

Cómo citar este artículo

Surtayeva, Sofya (2021) “La nanotecnología en Argentina: el rol de la Comisión Nacional de Energía Atómica (2003-2018)” *Revista Perspectivas de Políticas Públicas* vol. 11 N°21: 27-57