

POLÍTICAS TECNOLÓGICAS DE FRONTERA Y ORIENTADAS A MISIONES: EL CASO DE LA NANOTECNOLOGÍA Y LOS SATÉLITES GEOESTACIONARIOS EN ARGENTINA

*Sofya Surtayeva**

RESUMEN

El problema de las políticas necesarias para impulsar el cambio tecnológico es una debilidad crucial y persistente en América Latina. En este sentido, este artículo se propone discutir dos concepciones de políticas tecnológicas para países en desarrollo que suponen distintas estrategias institucionales: las políticas tecnológicas para promover tecnologías de frontera y las políticas orientadas a misiones. Como ejemplos, se analizan las políticas de nanotecnología y de desarrollo de satélites geoestacionarios impulsadas en la Argentina entre 2003 y 2015. En el caso de la nanotecnología, se trató de una estrategia tendiente a promover una tecnología de propósito general, orientada a mejorar el desempeño del sector productivo con el argumento del impacto en la competitividad económica, que en la práctica terminó fuertemente orientada por los intereses de la comunidad científica, alejándose de los objetivos propuestos. Mientras tanto, el desarrollo satelital fue impulsado a partir de empresas públicas con el objetivo de desarrollar capacidades industriales. Este trabajo contrapone ambos casos, buscando determinar la efectividad de ambas políticas tecnológicas en contexto de países en desarrollo.

PALABRAS CLAVE: NANOTECNOLOGÍA – SATÉLITES – TECNOLOGÍAS DE FRONTERA – POLÍTICAS ORIENTADAS A MISIONES

* Becaria doctoral Conicet en el Centro de Estudios de Historia de la Ciencia y la Tecnología “José Babini” (UNSAM). Correo electrónico: <sofya.surtayeva@gmail.com>.

INTRODUCCIÓN

El problema de las políticas necesarias para impulsar el cambio tecnológico es una debilidad crucial y persistente en América Latina. En este sentido, este artículo se propone discutir dos concepciones de políticas tecnológicas para países en desarrollo que suponen distintas estrategias institucionales: las políticas tecnológicas para promover tecnologías de frontera y las políticas orientadas a misiones. En este punto el interrogante se puede formular con la siguiente pregunta: ¿cómo deben ser las políticas tecnológicas de los países en desarrollo?^[1]

Una respuesta a esta pregunta podría tomar como punto de partida el desarrollo de tecnologías de frontera –nanotecnología, biotecnología y TIC, por ejemplo–. Sin embargo, la historia de la tecnología muestra que cada “revolución tecnológica” –desde la mecanización del trabajo y el vapor hasta la microelectrónica y las TIC– desencadena procesos complejos de construcción de un nuevo “sentido común” (Pérez, 2002: 7) integrado a un nuevo “modo de vida” (Pérez, 2002: 15) que supone “cambios radicales en los patrones de producción, organización, gerenciamiento, comunicación, transporte y consumo” (Pérez, 2002: 153).^[2] Ahora bien, las trayectorias tecnológicas que en América Latina pueden considerarse casos exitosos no siguieron la “receta” de impulsar políticas de acceso a tecnologías de frontera, sino que impulsaron procesos de aprendizaje y escalamiento en tecnologías que no son de punta, pero que son necesarias para una economía en desarrollo que busca ganar competitividad en sectores de valor agregado creciente (Hurtado, 2014).

[1] Una política tecnológica va más allá de la creación y el reforzamiento de la infraestructura científica y tecnológica, debiendo identificar líneas de acción y prioridades concretas en función de las problemáticas y necesidades específicas de un país. Además, debe contemplar el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas para la producción, diseminación y aplicación de tecnologías, y orientar y controlar la transferencia de tecnología (Halty Carrére, 1986).

[2] El modelo de Christopher Freeman y Carlota Pérez, cuyo enfoque neoschumpeteriano se centra en las “revoluciones tecnológicas”, incorpora una visión a largo plazo de los ciclos de cambio tecnológico (Pérez, 2002). Según este modelo, las revoluciones tecnológicas, como punto de partida de un nuevo paradigma tecnoeconómico, generan un proceso de “destrucción creativa” que produce un período dinámico y prolongado de innovación, oportunidad, empleo y crecimiento económico. Además, el modelo menciona las transformaciones institucionales, organizacionales y culturales, así como las dinámicas financieras como partes constitutivas en los ciclos globales de cambio tecnológico (Pérez, 2002; 2007). En este modelo, basado en la dinámica de los “ciclos tecnológicos” a partir de la revolución industrial, el lugar asignado a los países no centrales es marginal y funcional a las economías centrales (Pérez, 2002; 2004).

Para enfocar esta discusión, se caracterizan y discuten dos casos donde se aplican concepciones alternativas de políticas tecnológicas: políticas de impulso al desarrollo de tecnologías de frontera para competir a nivel internacional a partir de la producción de innovaciones radicales versus políticas de impulso de procesos de aprendizaje y escalamiento en tecnologías que no son de punta –políticas “*mission oriented*”.^[3] Ambas políticas suponen “lógicas” institucionales y “modelos” de Estado diferentes.^[4]

[3] Ergas distingue entre países que adoptan políticas tecnológicas orientadas a misiones u objetivos –“*mission-oriented*”–, países que adoptan políticas tecnológicas orientadas a la difusión –“*diffusion-oriented*”– y países que combinan ambas estrategias. Las políticas orientadas a misiones se enfocan en el desarrollo de capacidades tecnológicas consideradas primordiales para el desarrollo de sectores estratégicos apoyados en innovaciones radicales o tecnologías de propósito general para alcanzar objetivos específicos, mientras que las políticas orientadas a la difusión buscan difundir las capacidades tecnológicas a la estructura industrial, fortaleciendo los mecanismos institucionales para la transferencia tecnológica. Se trata de insertar una trayectoria tecnológica existente a través de innovaciones incrementales. La característica dominante de las políticas orientadas a objetivos es su centralización y concentración estatal en cuanto a los procesos de toma de decisiones, la implementación y la evaluación. En cambio, para los países que orientan sus políticas a la difusión tecnológica es esencial la descentralización, dado que el Estado se limita a facilitar el cambio tecnológico mediante la adaptación tecnológica, en vez de dirigirlo. Es necesaria aquí una estructura industrial que sea capaz de adaptar el cambio tecnológico incremental que se está difundiendo (Ergas, 1987). Para más información sobre políticas tecnológicas orientadas a objetivos, véase Mazzucato y Penna (2016).

[4] La primera estrategia requiere de redes descentralizadas de organizaciones públicas y empresas aptas para producir flujos de innovaciones capaces de sostener la competitividad a partir de las tecnologías de frontera. Esta dinámica supone un alto grado de conectividad entre nodos académicos y productivos, así como formas de organización y gobernanza flexibles para lidiar con altos niveles de incertidumbre. En este sentido, la ciencia básica de los países centrales, por su orientación y alto grado de enraizamiento en el ecosistema de producción de conocimiento, es un componente crucial. Las capacidades organizacionales, de diseño institucional y de gestión de políticas públicas de las políticas tecnológicas orientadas al desarrollo de tecnologías de frontera, en general, no están disponibles en los países en desarrollo (Ergas, 1987). La segunda estrategia, propia de las necesidades y limitaciones de las economías en desarrollo, supone que para poder formular políticas tecnológicas adecuadas debe disponerse de capacidades para: (i) la evaluación del conocimiento que demanda el sector productivo, los sectores estratégicos y las áreas de desarrollo social seleccionados; (ii) el impulso de estrategias de acceso al conocimiento, aprendizaje y escalamiento tecnológico; y (iii) dada la reticencia del sector privado a invertir en I+D –o su imposibilidad en el caso de pyme industriales, por ejemplo–, el diseño de mecanismos de incentivo a la participación de empresas nacionales, como alianzas público-privadas, entre otros. Esta dinámica requiere de formas de organización y gobernanza centralizadas que aseguren estabilidad –en entornos político-económicos de

A continuación, se presentan dos ejemplos de políticas tecnológicas representativas de dos paradigmas, analizando brevemente los casos de la nanotecnología y el desarrollo de tecnología satelital en la Argentina, resaltando sus características más relevantes y buscando contrastar las diferentes estrategias utilizadas y sus logros alcanzados. En la sección final se busca extraer algunas reflexiones aplicables a los países en desarrollo.

POLÍTICAS TECNOLÓGICAS POR ÁREA DE CONOCIMIENTO: EL CASO DE LA NANOTECNOLOGÍA

El surgimiento de la nanotecnología como una nueva frontera tecnológica a fines de la década de 1990, así como una potencial tecnología de propósito general (TPG),^[5] es el producto de un proceso de toma de decisiones de un grupo de actores involucrados en la definición de las políticas industrial y tecnológica de Estados Unidos que asumió: (i) que el gobierno norteamericano debía movilizar iniciativas organizacionales para impulsar el desarrollo de la nanotecnología a través de la convergencia de los sectores de la economía y la defensa; y (ii) que se necesitaban inversiones públicas de gran escala para asegurar una rentabilidad comercial capaz de sostener el dinamismo y la competitividad de la economía norteamericana.^[6] Esta estrate-

■ alta inestabilidad– y capacidades para la generación de condiciones favorables al aumento de la conectividad y la diversificación de funciones al interior de un ecosistema económico poco diversificado e interconectado (Karo y Kattel, 2015).

[5] 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). Por su parte, las tecnologías de frontera o tecnologías de punta son aquellas que se encuentran en el estado más avanzado de desarrollo o que son las más avanzadas disponibles en el momento. A los fines de este trabajo la nanotecnología es considerada tanto una tecnología de frontera como una TPG.

[6] El impulso al desarrollo de la nanotecnología no fue un resultado espontáneo del avance de la frontera del conocimiento científico-tecnológico, sino que fue liderado por un reducido grupo de actores políticos y económicos involucrados en la definición de las políticas industriales y tecnológicas estadounidenses durante la década de 1990 (Appelbaum *et al.*, 2011; Motoyama, Appelbaum y Parker, 2011). Entre estos se encuentran Mihail Roco, un ingeniero mecánico que había estado en la National Science Foundation (NSF) desde 1990 y se desempeñaba como director del programa; Neal Lane, un físico que jugó un papel clave primero como director de la NSF y luego como asistente del Presidente para asuntos de ciencia y tecnología; y Tom Kalil, quien fue diputado asistente del Presidente en política tecnológica y económica y director adjunto del Consejo Económico Nacional de la Casa Blanca. Este grupo, con el apoyo de un grupo de empresas y organismos

gia fue impulsada por varios organismos gubernamentales de Estados Unidos (Motoyama, Appelbaum y Parker, 2011). En agosto de 2000, se formaliza la National Nanotechnology Initiative (NNI) como parte del diseño de una compleja red de organizaciones, que fue acompañada por un caudal creciente de financiamiento.^[7] Entre las principales agencias federales involucradas, pueden mencionarse la National Science Foundation, el Department of Defense, el Department of Energy y el National Institute of Health (NRC, 2006).

De esta forma, bajo el liderazgo de Estados Unidos, otras economías centrales como Japón, China, Corea, Israel, Rusia, Alemania, Francia y el Reino Unido, solo por dar algunos ejemplos, durante la década de 1990 asumieron la nanotecnología como potencial TPG. Ahora bien, en América Latina, la Argentina, Brasil y México impulsaron tempranamente iniciativas en nanotecnología. En los tres casos, la retórica oficial coincide en que hay que poner el foco en la necesidad de invertir en nanotecnología a partir del efecto multiplicador que produciría en la mejora de la competitividad de sus economías en el corto plazo (Foladori *et al.*, 2012), matriz de argumentación que tiene sus raíces en el discurso difundido por organismos internacionales como el Banco Mundial, que enfatizan las potencialidades de la nanotecnología para los países en desarrollo como sendero para ganar competitividad en mercados internacionales (BM, 2007). Sin embargo, explican Foladori e Invernizzi, contrariamente a esta matriz de argumentación, la investigación en nanotecnología en los países de América Latina “ha sido configurada, dentro de las redes académicas internacionalizadas, entre investigadores nacionales y sus pares de Estados Unidos y países de la Unión Europea, los que pueden influenciar las agendas de investigación local a partir de las necesidades extranjeras” (Foladori e Invernizzi, 2013: 37).

Particularmente, en la Argentina, la nanotecnología se incorporó a la agenda de políticas públicas en el año 2004 –algunos años más tarde que en Brasil, Chile o México–, dado que a fines del 2001 el país atravesó una crisis muy fuerte a nivel político, económico y social (Andrini y Figueroa, 2008; Vila Seoane, 2011). En aquel momento el país no con-

■ federales, lideró la construcción política norteamericana de nanotecnología como la próxima TPG (Motoyama, Appelbaum y Parker, 2011). Sobre la nanotecnología como TPG, véase también Roco (2017).

[7] Los fondos pasaron de 255 millones de dólares en 1999, a 464 millones en 2001 y a 1.781 millones en 2010, “una de las mayores inversiones en tecnología del gobierno [*estadounidense*] desde el programa Apollo” (Motoyama, Appelbaum y Parker, 2011: 110).

taba con estudios prospectivos en temas de ciencia y tecnología de punta como las nanotecnologías 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 en áreas de I+D. Así, las primeras iniciativas de políticas de promoción de la nanotecnología estuvieron impulsadas por la comunidad científica y, en consecuencia, orientadas a la nanociencia más que a la nanotecnología.^[8] Esto puede verse en la Convocatoria del Programa de Áreas de Vacancia (PAV) que impulsó la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) en 2004 y que incluyó una partida financiera para la nanotecnología. El PAV financió la creación de las cuatro primeras redes de investigación en nanotecnología, bajo un enfoque científico porque el programa había sido impulsado por científicos y no se vinculaba con ninguna demanda ni ningún actor social (Andrini y Figueroa, 2008; ANPCyT, 2004; 2005; Vila Seoane, 2011).

Otra iniciativa para impulsar la nanotecnología provino de un grupo de investigadores de física del Instituto Balseiro que proponía montar un laboratorio limpio –liderada por Francisco de la Cruz, referente del Laboratorio de Bajas Temperaturas del Centro Atómico Bariloche (Lavarello y Cappa, 2010)–. Esa demanda fue dirigida al titular del Ministerio de Economía y Producción (Mecon) de aquel entonces, Roberto Lavagna, que a fines de 2004 anunció el lanzamiento de un plan de desarrollo de la nanotecnología que posibilitaría la fabricación en el país de semiconductores y chips a partir de una asociación estratégica con la empresa multinacional Lucent Technologies –ex Bell Laboratories– (Candelaresi, 2004), aunque la idea era que en la Argentina se realice la caracterización y medición de los desarrollos que se llevarían a cabo en Lucent (Lamagna, 2018).

[8] Aunque suelen utilizarse 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 (Royal Society y Royal Academy of Engineering, 2004). Asimismo, la nanociencia y nanotecnología están estrechamente relacionadas, ya que es necesario entender las propiedades de los materiales a nanoescala, para luego mejorar materiales existentes y diseñar productos con novedosas características e incluso crear materiales y productos totalmente nuevos (MENCYT, 2009).

Así, en abril de 2005, el Decreto 380/2005 autorizaba al Mecon para constituir 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 Mecon, con el objetivo de “sentar las bases” para 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” (BO, 2005: 5). Con esta iniciativa, a través del Mecon, el Estado se comprometía a participar activamente en la promoción de micro y nanotecnología. Como capital inicial, el Estado argentino se comprometía a aportar 10 millones de dólares durante los primeros cinco años de funcionamiento de la entidad.

Creada la FAN, se generaron cuestionamientos provenientes desde la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados de la Nación, centrados en la adjudicación directa de fondos a una fundación en la que participaba el sector privado, explicando que la FAN había sido creada “por fuera del marco legal que regula las actividades de ciencia, tecnología e innovación productiva” y sin la participación de la Secyt. Una diputada solicitó 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 que, si bien no fue aprobado, sentó las bases para la reformulación de la política de nanotecnología e instaló la caracterización de la nanotecnología como “tecnología estratégica”.

El proyecto de ley caracterizaba de manera precisa las limitaciones del escenario local para embarcarse en el desarrollo de una TPG, al sostener que hace 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”. Sin embargo, el mismo documento seguidamente enfatizaba la necesidad de incentivar “la interacción entre los expertos europeos y argentinos” en el contexto de las últimas convocatorias del Sexto Programa Marco de la Comisión Europea (Puig de Stubrin *et al.*, 2005). De esta forma, a pesar de las prevenciones a la competitividad de la economía local, se terminaba retornando a una lógica de concepción internacionalista centrada en la integración subordinada a centros de I+D de países centrales.^[9] Teniendo en cuenta que uno de los

[9] La expresión “integración subordinada” se refiere a la relación de dependencia producto de la colaboración asimétrica entre grupos de I+D de países no centrales y

objetivos del Sexto Programa Marco era “contribuir de manera significativa a la creación del Espacio Europeo de la Investigación y la Innovación”, se hacía difícil comprender cómo esta estrategia podría favorecer la competitividad de la economía argentina (Unión Europea, 2002).

Finalmente, Lavagna renunció a su cargo en noviembre de 2005, sucediéndolo Felisa Miceli, quien cambió 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 la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), la Universidad de Buenos Aires, 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–. Este Consejo cumplió la función de asesorar a la FAN para la planificación, organización y ejecución de sus actividades y fue quien decidió abandonar el vínculo con Lucent.

Luego de la renuncia de Lavagna, en las políticas de promoción a la nanotecnología comienza a dominar una lógica tendiente al financiamiento de proyectos por área de conocimiento, centrada en las instituciones de I+D, sin considerar las variables adicionales propias de las actividades de innovación productiva, donde el factor empresarial comienza a ser convocado sin coordinación con las políticas industriales. Esto se ve 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), que dio lugar a la creación de dos centros de nanotecnología (ANPCyT, 2006), que incluían empresas en su estructura, pero cuya participación fue limitada, sin generar demandas productivas.^[10]

■ grupos de I+D de países centrales, que son los que definen las agendas y lideran la colaboración.

[10] 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 (ANPCyT, 2008). 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 mismo involucró alrededor de cien investigadores, impulsando una red de colaboración científica interdisciplinaria con esfuerzos concentrados en la formación de recursos humanos (Vela y Toledo, 2013), aunque las deficiencias se concentraron en el plano productivo ya que no generó interés ni participación empresarial. Por su parte, el nodo Nanotec se orientó al

A fines de 2007, con la creación del Ministerio Nacional de Ciencia y Tecnología (MENCYT), se esperaba dar un salto cualitativo en las capacidades para el diseño y aplicación de políticas para el sector. El químico Lino Barañao fue designado como ministro y la FAN pasó a depender del nuevo ministerio. En términos generales, hasta el 2008, se habían financiado 163 proyectos en nanotecnología por un monto total de alrededor de 18 millones de dólares (MENCYT, 2009).

Un salto cualitativo en las políticas se produjo en 2009, con la presentación de los Fondos Argentinos Sectoriales (FONARSEC) de la ANPCYT, bajo la esfera del MENCYT, que iba a financiar proyectos para generar plataformas tecnológicas en el sector Nano en: nanomateriales, nanointermediarios y nanosensores con un tope máximo de alrededor de 30 millones de dólares. 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 aportar al menos el 20% del costo total del proyecto y los proyectos debían generar innovaciones científico-tecnológicas que debían traducirse en posibilidades concretas de transferencia (Lengyel *et al.*, 2014). El FONARSEC fue parcialmente financiado por el Banco Mundial y por el Banco Interamericano de Desarrollo (MENCYT, 2010).

Como resultado, en 2010 fueron aprobados ocho proyectos, por un monto total de 30 millones de dólares –incluida la contraparte– y un proyecto en 2012 para financiar proyectos que tengan como meta el desarrollo de nanoproductos en sistemas Roca-Fluido (MENCYT, 2012a), siendo aprobado un único proyecto que recibió 10 millones de dólares.

Sin embargo, si bien el FONARSEC buscó la participación empresarial a través de consorcios con el sector público, siguió teniendo como actor beneficiario a grupos de investigación de las instituciones públicas de ciencia y tecnología. Aunque este trabajo no se enfoca en el impacto del FONARSEC,^[11] es importante señalar que se enmarcó en el plan Argentina Innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Lineamientos Estratégicos 2012-2015 (MENCYT, 2012b), que se estructuró a partir de la caracterización de la nanotecnología, la biotecnología y las TIC como TPG

■ 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).

[11] Para análisis de este tipo, véase Rubianes y Baptista (2012) o Loray (2016).

(MINCYT, 2012b). La noción de TPG resignificó la noción de “tecnología estratégica” que venían aplicando los actores responsables de diseñar las políticas de nanotecnología.

Considerando las tres TPG mencionadas –nanotecnología, biotecnología y TIC–, el Plan Argentina Innovadora 2020 explicaba que se proponía “fomentar las interfaces [entre] un conjunto de actividades prioritarias (agroindustria, energía, salud, desarrollo social, medioambiente e industria) [y] el desarrollo científico y tecnológico en nuevas tecnologías de propósito general: nanotecnología, biotecnología y TIC” (MINCYT, 2012b: 57). De esta forma, el plan definía 34 núcleos socioproductivos estratégicos (NSPE), de los cuales “Autopartes”, “Transformación de recursos naturales en productos industriales de alto valor agregado”, “Componentes electrónicos”, “Plataformas tecnológicas” y “Nanomedicina” incluían explícitamente nanotecnología (MINCYT, 2012b). Así, la clave se encontraba en el fomento de la conformación de las redes locales innovadoras en torno a proyectos focalizados –lo que se plasmó en el FONARSEC– (MINCYT, 2012b). Es decir, la apuesta a la nanotecnología como uno de los componentes centrales de la política de ciencia y tecnología aparecía redoblada y explícitamente conceptualizada como TPG.

No obstante, si bien en este plan se contempló la articulación en el interior del sector público: “cabe al Ministerio la responsabilidad de llevar adelante la agenda para la CYT en busca de generar sinergias con otros ámbitos gubernamentales e identificar oportunidades de acción y de resolución de problemas provenientes de otras áreas” (MINCYT, 2012b: 44), en la práctica fue notoria la falta de coordinación básica en este sentido. Es el caso de autopartes. Mientras que, por un lado, en el plan se afirma que se apuntará al “desarrollo de autopartes a partir de materiales nanocompuestos de menor peso y mejores características mecánicas [y que] se apoyará el desarrollo de materiales magnéticos nanoestructurados en motores eléctricos” (MINCYT, 2012b: 65); por otro lado, el texto dedicado al sector automotriz y autopartista del Plan Estratégico Industrial 2020 (Ministerio de Industria, 2012a) muestra que la única mención al área de nanotecnología se reduce a un programa del INTI –Programa INTI Micro y Nanotecnología del Bicentenario para el Desarrollo de la Industria Microelectrónica–, aclarando que se centrará en “el diseño de circuitos de alta complejidad” –correspondiente al NSPE de “componentes electrónicos”–. Resulta manifiesta la ausencia de coordinación de ambos planes estratégicos para el caso de autopartes, lo que se agrava aún más si se tiene en cuenta que funcionarios y profesionales del MINCYT participaron en la elaboración del Plan Estratégico Agroalimentario y del Plan Estratégico Industrial 2020 (MINCYT, 2012b).

En cuanto a los NSPE en el sector salud –“Plataformas tecnológicas” y “Nanomedicina”–, en el Plan Estratégico Industrial 2020 aparece un proyecto sobre desarrollo de nanotransportadores biológicos para fármacos que permiten una terapia localizada correspondiente a la cadena de valor de medicamentos (Ministerio de Industria, 2012b), mientras que desde el Ministerio de Salud de la Nación no existe ningún programa que contemple su inclusión en los ejes del ministerio.

En términos generales, la inversión total en nanotecnología realizada por la Argentina en el período 2006-2011 podría estimarse en 50 millones de dólares (Salvarezza, 2011), dado que no se cuenta con información estadística precisa del financiamiento de actividades de I+D en nanotecnología.

El breve recorrido por las políticas nanotecnológicas muestra que al conceptualizar a la nanotecnología como una TPG e impulsarla desde las políticas como una tecnología de frontera se hacía necesario una concepción sistémica de las políticas para el área que fuera acorde a los objetivos explicitados –una mejora en la competitividad económica nacional–. Por ejemplo, se necesitaban empresas que estuvieran dispuestas a aprender cómo incorporar la nueva tecnología de frontera y de iniciativas que las ayudaran a afrontar “el desarrollo de los muchos insumos complementarios [así como el] prolongado proceso de ajuste que incluye la reorganización de los lugares de trabajo” (Helpman, 2004: 51-52) que además llevaría a la diversificación de los recursos presupuestarios, el entrenamiento del personal y demás. Y, complementariamente, desde el sector público hacían falta nuevas capacidades de coordinación entre la Secyt y, por ejemplo, los ministerios de Economía e Industria, la producción de estudios sobre cadenas de valor, estudios enfocados en los marcos regulatorios que serían adecuados y formación de competencias para la comercialización, entre otros aspectos. Estas necesidades parecían aún más necesarias si se consideraba la asimetría existente en el nivel de inversiones en nanotecnología entre la Argentina y las economías centrales y la falta de diagnósticos o lineamientos de políticas que marcaran un rumbo a partir de metas y objetivos. Así, los actores que impulsaban la nanotecnología parecían asumir que estas condiciones son asimilables a partir del financiamiento de proyectos de I+D que promuevan alianzas público-privadas, impulsado de manera autónoma desde la Secyt y luego el MINCYT, y alguna “mano invisible” se encargaría de generar procesos de reorganización sistémica que harían que la nanotecnología impactara sobre el desempeño económico de algún sector de empresas nacionales nunca dimensionado y que de esta forma se podría salir a competir en segmentos de cadenas de valor global.

POLÍTICAS TECNOLÓGICAS ORIENTADAS A OBJETIVOS: EL CASO DE LOS SATÉLITES

La Argentina comenzó a promover los satélites de observación y los servicios de comunicaciones satelitales durante la década de 1990. Por presiones de Estados Unidos, en 1991 se abandona el desarrollo de tecnología misilística avanzada y se crea la CONAE, con la función de llevar adelante misiones espaciales científicas y de observación de la Tierra (Hurtado, 2010). En ese momento se inicia un programa de desarrollo de satélites de observación, cuyo objetivo no fue el desarrollo de tecnología de punta, sino que se buscaba acceder a tecnología existente (Hurtado y Loizou, 2019).

A fines de 1993, como iniciativa desconectada de la CONAE, se crea la empresa privada NahuelSat para impulsar las comunicaciones satelitales. La mayoría accionaria de NahuelSat estuvo inicialmente en manos de empresas europeas. Sin embargo, y a pesar de las expectativas, NahuelSat fue a la quiebra en 2006 (Hurtado y Loizou, 2019). A lo largo de su trayectoria, NahuelSat solo pudo poner en órbita un único satélite –el Nahuel 1–, comprado en el exterior, y ocupar solo una de las dos posiciones orbitales asignadas a la Argentina por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, poniendo en peligro la posesión de la segunda posición orbital.^[12] Es decir, mientras que la experiencia de las economías centrales mostraba que los “negocios” con satélites necesitan un Estado inteligente, activo y soberano, con capacidades para determinar o, por lo menos, negociar las “reglas de juego”, el *laissez faire* promovido por el neoliberalismo dependiente argentino terminó socavando la viabilidad de NahuelSat (Hurtado, Bianchi y Lawler, 2017; Hurtado y Loizou, 2017).

El cambio de rumbo económico luego de la crisis de 2001 impactó también en la trayectoria de NahuelSat y del sector de las comunicaciones satelitales. El gobierno de transición de Eduardo Duhalde (2002-2003) se propuso “un cambio de modelo económico” centrado en los sectores productivos como eje de la recuperación, en lugar de las finanzas, el endeudamiento y las empresas privatizadas (Zícari, 2016). En la misma dirección, durante el gobierno de Néstor Kirchner (2003-2007), en un contexto de políticas que se propusieron abandonar la matriz neoliberal para impulsar la recuperación del Estado y un proyecto de industrialización inclusivo, en

[12] Las posiciones orbitales tienen valor geopolítico –como extensión de la soberanía territorial al espacio exterior–, entre otras razones, porque son condición necesaria para disponer de satélites que hagan viable un sector de servicios de alto valor agregado.

2006, se crea la Empresa Argentina de Soluciones Satelitales (ArSat) –con el Ministerio de Planificación como titular del 98% de la firma, correspondiendo al Ministerio de Economía el 2% restante–, que se iba a encargar de gestionar la construcción en el país de los satélites geoestacionarios que debían ocupar las posiciones orbitales argentinas. ArSat termina comprando los activos de la empresa NahuelSat por el precio simbólico de un peso (Hurtado, Bianchi y Lawler, 2017; Hurtado y Loizou, 2017).

La empresa Invap quedó a cargo del diseño y fabricación de los satélites geoestacionarios para las posiciones orbitales argentinas, ya que desde la década de 1990 había estado encargada de construir los satélites de observación argentinos para la CONAE (Drewes, 2014). Aquí, no se ponía el foco en tecnologías de punta, sino en iniciar un proceso de aprendizaje y escalamiento en el sector de los satélites geoestacionarios que, en retrospectiva, puede concebirse como el impulso de un nuevo sector de la economía argentina de alto valor agregado. De esta forma, ArSat ponía en marcha un proceso de diez años de acumulación de capacidades nacionales y de escalamiento tecnológico (Hurtado, Bianchi y Lawler, 2017). El entonces gerente general de Invap, Héctor Otheguy, explicaba que en este proyecto se ponía en juego la experiencia que su empresa había acumulado en los últimos 15 años en el área satelital, gracias al Plan Espacial de la CONAE. El acuerdo por los satélites de telecomunicaciones era importante para Invap “porque abre un mercado nuevo”, explicaba Otheguy, que se sumaba a los satélites de observación, la construcción de radares para el territorio argentino y los aportes de Invap al Plan Nuclear, que el gobierno de Kirchner había relanzado a mediados de 2006 (Bolsonweb Noticias, 2006; Hurtado y Loizou, 2017).

Durante las presidencias de Cristina Fernández (2007-2015) se mantuvo y potenció esta orientación de políticas. Así, ArSat asume la responsabilidad sobre el desarrollo de nuevos proyectos que redefinieron a las telecomunicaciones como parte de los derechos básicos. A lo largo de 2010, los objetivos de ArSat se fueron diversificando y volviéndose cada vez más ambiciosos. Entre las iniciativas, se puede mencionar el inicio de la construcción de la primera red troncal de fibra óptica estatal de Sudamérica, un proyecto que se proponía la construcción de más de 35 mil kilómetros de conexiones federales buscando cambiar el paradigma de las comunicaciones en nuestro país. También se inició ese año la construcción de la plataforma de distribución de la Televisión Digital Abierta (TDA), gratuita y de alta calidad. A comienzos de 2011, Invap se encontraba construyendo tres satélites en simultáneo: SAC-D, SAOCOM-1A y ArSat-1. A fines de septiembre de 2013, se inauguró en Bariloche la empresa Centro de Ensayos de Alta

Tecnología (CEATSA), una sociedad entre Invap y ArSat, para hacer los ensayos ambientales para la industria satelital. En el período 2003-2013 Invap había incrementado su personal de trescientas cincuenta a mil cien personas y había elevado su facturación de 30 millones de dólares anuales a 200 millones en el mismo período. Poco más tarde, ArSat pasa a la fase de comercialización y agregación de valor a estas infraestructuras, productos de la inversión del Estado nacional. Finalizados los procesos de auditoría y revisión de procedimientos, de manejo del riesgo y control de calidad, ArSat y Nación Seguros, con el respaldo de reaseguradoras internacionales, firmaron en abril de 2014 la póliza de los satélites ArSat-1 y 2. El 16 de octubre de 2014, fue lanzado el ArSat-1 en un cohete Ariane 5 desde la base de Guayana Francesa. Desde la Estación Terrena Benavídez, en la provincia de Buenos Aires, se ejecutaron las maniobras que llevaron al satélite a los 35.786 km de altura y lo ubicaron en la Posición Orbital Geoestacionaria 71,8° O, donde comenzó a operar por un período de 15 años. El 30 de septiembre de 2015 fue lanzado el ArSat-2 y ubicado en la Posición Orbital Geoestacionaria de 81° O. La tecnología de ArSat-1 y 2 era, en su totalidad, de origen nacional y en el ArSat-2 se había alcanzado el 50% de integración nacional en sus componentes (Hurtado, Bianchi y Lawler, 2017; Hurtado y Loizou, 2017).

A fines de 2015, ArSat era una empresa en expansión que contaba con dos satélites de diseño y construcción nacional, que ocupaban las dos posiciones orbitales argentinas, 88 estaciones terrestres de TDA en su última etapa de despliegue, que había logrado cubrir el 80% de la población con el servicio terrestre y el 100% del territorio con el servicio satelital, en proceso de tendido de una red troncal (Rus, 2017). El éxito de esta trayectoria inicial de ArSat motivó que, en noviembre de 2015, el Congreso Nacional sancionara la Ley 27.208 de Desarrollo de la Industria Satelital que declaró “de interés nacional el desarrollo de la industria satelital como política de Estado y de prioridad nacional, en lo que respecta a satélites geoestacionarios de telecomunicaciones” y aprobó el Plan Satelital Geoestacionario Argentino 2015-2035 que prevé, entre otros objetivos, el desarrollo nacional de ocho satélites en los siguientes veinte años (De la Mota, 2017; Hurtado y Loizou, 2017).

En síntesis, esta breve trayectoria muestra que el desarrollo de satélites, cuyo objetivo desde el inicio no fue el desarrollo de tecnología de punta, sino el inicio de un proceso de aprendizaje y escalamiento en el sector de los satélites geoestacionarios, generó un proceso acumulación de capacidades nacionales y de escalamiento tecnológico a lo largo de más de diez años.

REFLEXIONES FINALES

Para comprender algunos procesos de aprendizaje, escalamiento y desarrollo tecnológico en áreas consideradas estratégicas de la economía, que tuvieron lugar en la Argentina luego de 2003, se expusieron dos casos que siguieron distintas estrategias de promoción política.

Por un lado, la política tecnológica que impulsó la Secyt y luego el MINCYT, buscando desarrollar una tecnología de frontera como la nanotecnología, partió de nociones tales como tecnologías estratégicas y tecnologías de propósito general, estrategia que no produjo impactos apreciables en la competitividad económica del país –objetivo que se buscaba a través del desarrollo de la nanotecnología.^[13]

Inicialmente, la nanotecnología fue promovida con el objetivo de generar conocimiento de frontera, enfocada en los grupos de investigación y desarrollo, desarticulada del sector productivo. Sin embargo, la iniciativa que impulsó Roberto Lavagna y algunos otros actores buscó ubicar en el centro del escenario al sector productivo bajo el argumento del incremento de la competitividad, aunque esta iniciativa giraba alrededor de la vinculación con una empresa norteamericana, por lo que no se veía cómo entraban las empresas nacionales o de qué manera la economía argentina capitalizaría esta colaboración. La estrategia fue posteriormente abandonada por desacuerdos políticos y cuestiones jurídicas. Sin embargo, las mismas políticas, que estuvieron desvinculadas del tejido productivo local, y que luego promovieron diversos recursos de financiamiento centrados en la nanotecnología, contradictoriamente también promovieron la subordinación de una parte de los escasos recursos humanos a las agendas de redes académicas internacionales con objetivos propios, debilitando la conformación y aumento de densidad de las redes público-privadas locales.

Por otro lado, al retirarse Lavagna, la Secyt tomó como punto de partida las recomendaciones de un grupo de científicos –principalmente pertenecientes al Consejo Asesor de la FAN–, imponiéndose una orientación que puede caracterizarse como nanocientífica antes que nanotecnológica. Así, si bien se cortaba el vínculo con Lucent, comenzó a dominar una lógica que tendía al financiamiento de proyectos por área de conocimiento, centrada en las instituciones de investigación y desarrollo, sin considerar todas las variables adicionales propias de las actividades de innovación productiva.

[13] Siendo una tecnología de frontera, la nanotecnología es considerada una TPG por los países centrales. Asimismo, en el caso argentino, la nanotecnología –una tecnología de frontera o de punta– fue considerada tanto una tecnología estratégica y como una TPG.

Posteriormente, el factor empresarial comienza a ser convocado sin coordinación con las políticas industriales poniendo en evidencia la falta de capacidades para comenzar a dar los primeros pasos en la organización de un área tecnológica incipiente –esto se ve en el PAE.

En términos generales, el proceso de diseño de numerosas líneas de financiamiento que apuntaron a promover la nanotecnología desde el sector público no fue acompañado por esfuerzos paralelos de diseño de nuevas formas de organización, del mejoramiento o adaptación de los marcos regulatorios y de coordinación institucional acordes a las especificidades que el impulso de una nueva TPG supone. Las capacidades deficientes de gestión tecnológica y la incompreensión del carácter sistémico del problema fueron amplificadas por la falta de gravitación política del MINCYT frente a otros ministerios, siendo factores importantes para explicar que las políticas en nanotecnología no hayan podido dar un salto cualitativo en términos de calidad y eficacia. A falta de políticas integradoras, las instituciones públicas que, motivadas por los recursos de financiamiento, se involucraron en el desarrollo de nanotecnología –por ejemplo, a través de la creación de grupos, centros o institutos– tendieron a retomar una lógica centrada en sus propias dinámicas institucionales.

En síntesis, el desarrollo de la nanotecnología siguió en la Argentina una trayectoria de generación de conocimiento en un área emergente, inicialmente caracterizada como área de vacancia y como una tecnología estratégica. La noción de “tecnologías estratégicas” para caracterizar la nanotecnología estuvo presente en el discurso de la Secyt, siendo reconfigurada por la noción de TPG desde el MINCYT en el Plan Argentina Innovadora 2020, aunque el uso de esta noción no significó dar un salto en términos cualitativos en la promoción de la nanotecnología. En pocas palabras, la estrategia de promoción a la nanotecnología en la Argentina tomó forma de una política tecnológica centrada en el desarrollo de una tecnología de frontera, financiada por área de conocimiento. Así, la estrategia de financiar la nanotecnología como gran área de conocimiento –sin definir nichos ni líneas temáticas precisas de demanda de nanotecnología, a excepción del FONARSEC– explica, en parte, los magros resultados de la política impulsada para promover el área, en términos de las expectativas iniciales de los actores que las impulsaron. Ello también disipó la escasa inversión en ciencia básica y algunos programas de ciencias aplicadas. Otros factores que explican los magros resultados de las políticas en nanotecnología son la falta de estabilidad institucional y capacidades de políticas –diagnóstico, prospectivo, etc.– para diseñar e impulsar proyectos orientados a misiones –que implica la resolución de problemas concretos específicos ya

sea industriales, de desarrollo social, salud, agro o defensa—, y que sí se dio en el caso del desarrollo satelital.

En contraposición al caso de la nanotecnología, las políticas tecnológicas que se orientaron al desarrollo de los satélites pueden caracterizarse como políticas tecnológicas orientadas a misiones —*mission-oriented*—. Estas políticas buscan impulsar procesos de aprendizaje y escalamiento en tecnologías que no son de punta, pero que son necesarias para una economía en desarrollo que busca ganar competitividad en sectores de valor agregado creciente. La política de comunicación satelital supuso el impulso de procesos de aprendizaje, acumulación incremental y escalamiento tecnológico que definieron objetivos específicos relacionados con las capacidades locales, concebidos para impulsar nuevos segmentos de la economía de alto valor agregado con un fuerte liderazgo estatal. El desarrollo nacional de satélites geoestacionarios, en concreto ArSat, se presenta como caso exitoso de desarrollo tecnológico endógeno en un sector estratégico de un país en desarrollo que se inicia con una decisión política, convirtiendo esta política pública en una política de Estado. Además, es un ejemplo de cómo esta intervención estatal modifica y define el camino para superar un contexto coyuntural complejo a partir de su capacidad de tomar riesgo y de impactar simultáneamente en múltiples aspectos logísticos, organizacionales e institucionales, desde garantizar servicios básicos hasta la inversión en proyectos que permitan procesos de escalamiento tecnológico a través de I+D+i, transferencia tecnológica, iniciativas de “compra inteligente del Estado”, entre otros (Hurtado, Bianchi y Lawler, 2017: 60). ArSat es un caso exitoso de desarrollo tecnológico fronteras adentro en un sector económico y socialmente estratégico para un país en desarrollo. En este caso, el Estado no intervino para corregir “fallas de mercado”, sino por el contrario, el Estado intervino activamente con la visión y misión de promover y ejecutar un sendero de desarrollo científico y tecnológico que construya la trama para que actores privados y públicos produzcan procesos de aprendizaje y acumulación de capacidades, escalamientos tecnológicos e innovaciones y generen beneficios con impactos tangibles en la sociedad, que van desde la creación de empleos de calidad hasta la mejora de la balanza comercial (Hurtado, Bianchi y Lawler, 2017).

En ambos casos, el camino recorrido por las políticas durante el período 2003-2015 da cuenta de lo que significa para un país como la Argentina, que cuenta con una matriz productiva principalmente agroexportadora y un sector industrial con algunas capacidades de baja y media intensidad tecnológica, proponerse la incorporación de tecnologías económicamente estratégicas. En el caso argentino, el desarrollo de tecnologías estratégicas

requiere, como punto de partida, la creación de entornos institucionales adecuados para el acceso a sectores de alta intensidad tecnológica, lo cual supone a su vez la construcción de capacidades estatales para impulsar trayectorias evolutivas de escalamiento selectivo en la jerarquía de habilidades y competencias tecnológicas, organizacionales, institucionales y políticas, necesarias para la gestión de este tipo de tecnologías (Hurtado, 2014). La historia económica enseña que el desarrollo tecnológico se logra mediante procesos de aprendizaje del tipo “acortamiento de la brecha” –o *catching up*–, término genérico que alude a procesos con especificidades nacionales y sectoriales propias, que involucran inicialmente la generación de capacidades para la transferencia, la imitación, la ingeniería inversa y las modificaciones marginales de productos y procesos por laboratorios públicos y/o sectores o grupos de empresas involucradas. Dicho de otra forma, la incorporación de tecnologías avanzadas que puedan operar en sectores estratégicos para la economía de un país no puede ser un punto de partida, sino un punto de llegada de un proceso complejo de evolución tecno-económica (Amsden, 2001).

En otras palabras, al invertir en investigación básica en temas de frontera sin posibilidad de contar con políticas complementarias para promover los restantes componentes del ecosistema económico que harían posible “procesar” el conocimiento básico en aplicaciones con valor social o económico, o al invertir en metas abstractas que se proponen dominar las tecnologías de punta, el efecto último es la generación de capacidades para la introducción de las sociedades latinoamericanas en la cultura del consumo de bienes y servicios en sectores líderes –aquellos que utilizan las tecnologías de frontera–, que son de estructura oligopólica y sostienen el dinamismo de las economías centrales. Este es el caso de la nanotecnología, dado que las políticas que la promovieron desde 2003 apuntaron a la frontera tecnológica y sus instrumentos de promoción se orientaron a proyectos dispersos en un área de conocimiento, definiendo una agenda débilmente conectada con la realidad socioeconómica. Por su parte, las políticas orientadas a misión –como el caso del desarrollo de satélites geoestacionarios– se enfocaron en procesos de aprendizaje, escalamiento tecnológico y conformación de tramas nacionales de empresas e instituciones públicas. Se sugiere, entonces, el desplazamiento de la noción de TPG del centro de gravedad en el caso de la nanotecnología o, en otras palabras, elaborar políticas tecnológicas sectoriales –energía eólica, automotriz, entre otros– como contraposición de políticas tecnológicas enfocadas en grandes áreas del conocimiento de frontera –nanotecnología, biotecnología y TIC–, redimensionando la necesidad de la nanotecnología a una trayectoria evolutiva espe-

cífica, capaz de definir nichos precisos de demanda, llevando a cabo proyectos acotados a necesidades determinadas y orientados a misiones. En otras palabras, la Argentina debería redimensionar la promoción de la nanotecnología a las trayectorias específicas de aprendizaje y escalamiento de los sectores seleccionados en la medida en que surjan de estos procesos problemas específicos que puedan ser concebidos como una oportunidad de aplicar, de manera precisa y bien delimitada, la nanotecnología para su resolución. El proceso de diseño y construcción de los satélites ArSat, por ejemplo, como entorno de desarrollo de tecnología que no es de frontera, planteó problemas que fueron resueltos incorporando conocimiento de frontera específico y acotado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica - ANPCyT (2004), *Bases Programa Áreas de Vacancia. Bases de la Convocatoria PAV 2004*, Buenos Aires, Secyt. Disponible en <https://web.archive.org/web/20060310040632/http://www.agencia.secyt.gov.ar:80/convocatorias/documentosconvocatorias/pav2004_bases.pdf>.
- (2005), “Convocatoria PAV 2004. Programa de Areas de Vacancia”, Buenos Aires, Secyt. Disponible en <https://web.archive.org/web/20060503063816/http://www.agencia.secyt.gov.ar/convocatorias/documentosconvocatorias/pav2004_informe.pdf>.
- (2006), *Bases Convocatoria IP-PAE 2006*, Buenos Aires, Secyt. Disponible en <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/pae2006_ip_bases.pdf>.
- (2008), *Resolución Directorio ANPCyT N° 034/2008*, Buenos Aires, MINCYT. Disponible en <http://www.agencia2012.mincyt.gob.ar/IMG/pdf/PAE_financiados_web.pdf>.
- Amsden, A. (2001), *The Rise of “The Rest”: Challenges to the West from Late Industrializing Economies*, Oxford, Oxford University Press.
- Andrini, L. y S. Figueroa, (2008), “Governmental encouragement of nanosciences and nanotechnologies in Argentina”, en Foladori, G. y N. Invernizzi (eds.), *Nanotechnology in Latin America*, Berlín, Karl Dietz Verlag Berlin, pp. 27-39.
- Appelbaum, R. et al. (2011), “China’s (Not So Hidden) Developmental State: Becoming a Leading Nanotechnology Innovator in the Twenty-First Century”, en Banco Mundial - BM (2007), *Building Knowledge Economies: Advanced Strategies for Development*, Washington D.C., World Bank. Disponible en <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/6853>>.

- Bolsonweb Noticias (2006), “Acuerdo para desarrollo satelital”, *Bolsonweb Noticias*, 12 de diciembre.
- Bresnahan, T. y M. Trajtenberg (1995 [1992]), “General Purpose Technologies: ‘Engines of Growth?’”, *Journal of Econometrics*, vol. 65, N° 1, pp. 83-108.
- Candelaresi, C. (2004), “Anuncios culturales de Lavagna”, *Página/12*, 6 de noviembre. Disponible en <<http://www.pagina12.com.ar/diario/elpais/1-43268-2004-11-06.html>>.
- De la Mota, M. F. (2017), “La soberanía satelital en el contexto de los cielos abiertos”, *Latam Satelital*, 14 de enero. Disponible en <<http://latamsatelital.com/la-soberania-satelital-contexto-los-cielos-abiertos/>>.
- Drewes, L. (coord.) (2014), *El sector espacial argentino. Instituciones, empresas y desafíos*, Benavidez, Empresa Argentina de Soluciones Satelitales - Arsat. Disponible en <https://archive.org/details/el_sector_espacial_argentino_arsat/mode/2up>.
- El Litoral* (2005), “Polémica millonaria por la nanotecnología”, *El Litoral*, 23 de mayo. Disponible en <<http://www.ellitoral.com/index.php/diarios/2005/05/23/politica/POLI-04.html>>.
- Ergas, H. (1987), “Does technology policy matter?”, en Guile, B. y H. Brooks (eds.), *Technology and Global Industry: Companies and Nations in the World Economy*, Washington D.C., National Academy Press, pp. 191-245.
- Foladori, G. et al. (2012), “Características distintivas del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina”, *Sociologías*, vol. 14, N° 30, pp. 330-363.
- Foladori, G. y N. Invernizzi, (2013), “Inequality gaps in nanotechnology development in Latin America”, *Journal of Arts and Humanities*, vol. 2, N° 3, pp. 35-45.
- Halty Carrere, M. (1986), *Estrategias de desarrollo tecnológico para países en desarrollo*, México, El Colegio de México.
- Helpman, E. (2004), *The Mystery of Economic Growth*, Cambridge y Londres, The Belknap Press of Harvard University Press.
- Hurtado, D. (2010), *La ciencia argentina. Un proyecto inconcluso (1933-2000)*, Buenos Aires, Edhasa.
- (2014), *El sueño de la Argentina atómica. Política, tecnología nuclear y desarrollo nacional (1945-2006)*, Buenos Aires, Edhasa.
- y N. Loizou (2017), “Cielos abiertos versus sector estratégico: las comunicaciones satelitales en Argentina, 1989-2017”, *Alternativa en papel - Edición digital*, 11 de noviembre. Disponible en <<https://alternativaenpapel.com.ar/2017/11/11/cielos-abiertos-versus-sector-estrategico-las-comunicaciones-satelitales-en-argentina-1989-2017-2/>>.
- (2019), “Desregulación de sectores estratégicos en contexto semiperiférico: las comunicaciones satelitales en Argentina, 1991-2006”, *América*

- Latina en la Historia Económica*, vol. 26, N° 1, e939. Disponible en <<http://dx.doi.org/10.18232/alhe.939>>.
- Hurtado, D., M. Bianchi y D. Lawler (2017), “Tecnología, políticas de Estado y modelo de país: el caso Arsat, los satélites geoestacionarios versus ‘los cielos abiertos’”, *Epistemología e Historia de la Ciencia*, vol. 2, N° 1, pp. 48-71.
- iProfesional (2009), “Se diseñarán circuitos integrados en Argentina”, *iProfesional*, 21 de mayo. Disponible en <<http://www.iprofesional.com/notas/82404-Se-disenarn-circuitos-integrados-en-Argentina>>.
- Karo, E. y R. Kattel (2015), “Innovation Bureaucracy: Does the organization of government matter when promoting innovation?”, *Papers in Innovation Studies*, paper N° 2015/18, CIRCLE, Lund University.
- Lamagna, A. (2018), Comunicación personal, personal de CNEA, 6 de julio.
- Lavarello, P. y M. Cappa (2010), “Oportunidades y desafíos de la nanotecnología para los países en desarrollo: la experiencia reciente en América Latina”, Documento de trabajo, CEUR-Conicet. Disponible en <<http://www.ceur-conicet.gov.ar/archivos/publicaciones/PICTDto7Nanotecnologia.pdf>>.
- Lengyel, M. *et al.* (2014), *Asociatividad para la innovación con alto impacto. Congruencia de objetivos entre las áreas programática y operativa de los Fondos Sectoriales*, Buenos Aires, MINCYT.
- Loray, R. P. (2016), “La Política Científica, Tecnológica e Innovación de Argentina: Una lectura a partir de la implementación del Fondo Argentino Sectorial en 2009”, tesis de maestría, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes. Disponible en <<http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/207>>.
- Mazzucato, M y C. Penna (2016), *The Brazilian Innovation System: A Mission-Oriented Policy Proposal*, Brasilia, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Disponible en <https://www.cgee.org.br/documents/10195/1774546/The_Brazilian_Innovation_System-CGEE-MazzucatoandPenna-FullReport.pdf/3ec63298-74dc-481e-981c-5ffd8952273b?version=1.0>.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva - MINCYT (2009), “Nanotecnología”, *Boletín Estadístico Tecnológico - BET*, N° 3. Disponible en <<https://www.argentina.gob.ar/ciencia/publicaciones/indicadores/bet-nanotecnologia>>.
- (2010), *Bases de la Convocatoria. Fondo Sectorial de Nanotecnología*, Buenos Aires, MINCYT. Disponible en <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/Bases_FSNano_2010.pdf>.
- (2012a), *Bases de la Convocatoria Fondo Sectorial de Nanotecnología*, Buenos Aires, MINCYT. Disponible en <<http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/BASES-FSNano-Roca-Fluido.pdf>>.
- (2012b), *Argentina Innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Lineamientos Estratégicos 2012-2015*, Buenos Aires, MINCYT.

- Disponible en <<http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/022/0000022576.pdf>>.
- Ministerio de Industria (2012a), *Mesa de Implementación de la Cadena Automotriz – Autopartista*, Buenos Aires, Ministerio de Industria. Disponible en <<http://www.industria.gob.ar/automotriz-autopartista/>>.
- (2012b), *Plan Estratégico Industrial 2020*, Buenos Aires, Ministerio de Industria. Disponible en <<https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/Plan-Estrategico-Industrial-2020.pdf>>.
- Moledo, L. (2008), “Nanodialogo, narices y biosensores”, *Página/12*, 23 de julio. Disponible en <<https://www.pagina12.com.ar/diario/ciencia/19-108291-2008-07-23.html>>.
- Motoyama, Y., R. Appelbaum y R. Parker (2011), “The National Nanotechnology Initiative: Federal support for science and technology, or hidden industrial policy?”, *Technology in Society*, vol. 33, N° 1-2, pp. 109-118.
- National Research Council - NRC (2006), *A Matter of Size: Triennial Review of the National Nanotechnology Initiative*, Washington D.C., The National Academies Press.
- Pérez, C. (2002), *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, Cheltenham, Edward Elgar.
- (2004), “Technological revolutions, paradigm shifts and socio-institutional change”, en Reinert, E. (ed.), *Globalization, Economic Development and Inequality. An Alternative Perspective*, Cheltenham, Edward Elgar, pp. 217-242.
- (2007), “Finance and technical change: a long term view”, en Hanusch, H. y A. Pyka (eds.), *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, Cheltenham, Edward Elgar, pp. 775-799.
- Puig de Stubrin, L. et al. (2005), “Proyecto de Ley Marco para el Plan Nacional Estratégico de Desarrollo de Micro y Nanotecnologías”, Buenos Aires, Cámara de Diputados de la Nación. Disponible en <<https://web.archive.org/web/20061225072759/http://www1.hcdn.gov.ar/dependencias/ccytecnologia/proy/3.279-D.-05.htm>>.
- República Argentina, Boletín Oficial - BO (2005), “Aplicación y desarrollo de micro y nanotecnologías. Decreto 380/2005”, *Boletín Oficial de la República Argentina*, N° 30.643, 29 de abril.
- Roco, M. C. (2017), “Overview: Affirmation of Nanotechnology between 2000 and 2030”, en Mensah, T. O. et al. (eds.), *Nanotechnology Commercialization: Manufacturing Processes and Products*, Hoboken, American Institute of Chemical Engineers / John Wiley & Sons, pp. 1-24.
- Royal Society y Royal Academy of Engineering (2004), *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*, Londres, The Royal Society / The Royal Academy of Engineering.

- Rubianes, E. y B. Baptista (2012), “Apoyo al Diseño de los Componentes de Fondos de Innovación Tecnológica Sectorial y de Proyectos para Plataformas Tecnológicas del Programa de Innovación Tecnológica III”, Informe de consultoría no publicado.
- Rus, G. (2017), “No es prioridad del gobierno cumplir la ley”, *Página/12*, 9 de enero. Disponible en <<https://www.pagina12.com.ar/13249-no-es-prioridad-del-gobierno-cumplir-la-ley>>.
- Salvarezza, R. (2011), “Situación de la difusión de la nanociencia y la nanotecnología en Argentina”, *Mundo Nano*, vol. 4, N° 2, pp. 18-21.
- Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva - Secyt (2006), *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Bicentenario” (2006-2010)*, Buenos Aires, Secyt. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/pla_ins_plan_bicentenario_2006_2010.pdf>.
- Unión Europea (2002), “Decisión N° 1513/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de junio de 2002”, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 29 de agosto. Disponible en <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002D1513&from=ES>>.
- Vela, Ma. E. y L. Toledo (2013), “Difusión y Formación en Nanociencia y Nanotecnología en los distintos niveles de la enseñanza y acciones de divulgación en la sociedad argentina”, *Momento. Revista de Física*, N° 46E, pp. 16-24.
- Vila Seoane, M. (2011), “Nanotecnología: su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial”, tesis de maestría, Maestría en Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Instituto de Desarrollo Económico y Social, Grupo Redes, Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Zícari, J. (2016), “Del colapso de la convertibilidad a las bases económicas de la recuperación”, en Pucciarelli, A. y A. Castellani (eds.), *Los años del kirchnerismo. La disputa hegemónica tras la crisis del orden neoliberal*, Buenos Aires, Siglo XXI, pp. 35-60.