

### Documento de Trabajo Nº 2

Versión extendida

# Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires

Capacidades del Sistema Científico-Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo, potencialidades y desafíos futuros





### **Autoridades**

### Gobernador de la Provincia de Buenos Aires

Axel Kicillof

### Vicegobernadora de la Provincia de Buenos Aires

Verónica Magario

### Ministro de Producción, Ciencia e Innovación Tecnológica de la Provincia de Buenos Aires

Augusto Costa

### Subsecretario de Ciencia, Tecnología e Innovación

Federico Agüero

### Director y equipo de trabajo

Alex Kodric Denise Roskell Matías Mancini Ángela Candreva

> Edición: Equipo de Comunicación Subsecretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación

> > Fecha de divulgación: Julio 2021



- 3 Índice
- 4 Resumen Ejecutivo
- 1. Nanotecnología y nanociencia: definiciones, usos y campos de aplicación
- **1.1.** Definición de nanotecnología (NT) y nanociencia (NC)
- **7 Figura 1.** Escala y mundo nano. Representantes en la naturaleza de los diferentes tamaños, desde una molécula simple hasta pequeños animales
- **9 Gráfico 1.** Métodos para la fabricación de nanomateriales (NMs). La convergencia en los métodos top-down y bottom-up
- **1.2.** Campos de aplicación y áreas temáticas con impacto socio-económico
- 11 Cuadro 1. Mapa conceptual de áreas temáticas de intervención de la NT de acuerdo a un enfoque de desarrollo socioeconómico
- 11 2. La nanotecnología en el marco del Sistema Científico y Tecnológico (SCyT) nacional: redes institucionales y políticas públicas sectoriales
- 13 3. Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico Provincial (SCTP) en nanotecnología
- **13 3.1.** Mapa de Instituciones del SCTP con capacidades en NT: distribución regional
- **15 Mapa 1.** Distribución regional de las instituciones del SCTP en la provincia de Buenos Aires
- **15 3.2.** Descripción del SCTP en relación a las áreas temáticas de desarrollo, sus capacidades y distribución geográfica

- **16 Tabla 1.** Registro de instituciones del SCTP según desarrollan NT en relación a las áreas temáticas
- 19 Gráfico 2. Distribución de las instituciones del SCTP según áreas temáticas en las que desarrollan NT
- 19 Gráfico 3. Distribución de las áreas temáticas por nodo regional
- 20 4. Nanotecnología y sector productivo provincial: empresas, desarrollos y aplicaciones
- **21 Cuadro 2.** Mapa de sectores productivos con aplicaciones en técnicas nanotecnológicas
- **25 Tabla 2.** Cantidad de empresas nacionales de nanotecnología por sector productivo y región
- **25 Gráfico 4.** Distribución sectorial de las empresas de nanotecnología en la provincia de Buenos Aires
- **27 Mapa 2.** Distribución regional de las empresas de nanotecnología en la provincia de Buenos Aires
- 27 5. Regulaciones de la actividad nanotecnológica en Argentina: instituciones, normas, ética y difusión respecto a las nanotecnologías
- **28 5.1.** Regulaciones relacionadas al empleo de la NT
- 30 6. Oportunidades y líneas de trabajo prospectivas en torno a la nanotecnología en la provincia de Buenos Aires: opinión de un especialista
- 34 7. Comentarios finales
- 37 8. Glosario de abreviaturas
- 39 9. Bibliografía



### **Resumen Ejecutivo**

La nanotecnología implica una nueva manera de estudiar y trabajar la materia a escala nanométrica, es decir "a nivel atómico". Al basarse en las propiedades específicas que presentan los materiales a escala nanométrica, los avances en nanotecnología generaron grandes expectativas fundamentadas en las oportunidades de generar nuevos productos, como así también de rediseñar productos existentes otorgándoles nuevas funcionalidades y mejores características. Su carácter transversal ofrece oportunidades en diversas actividades económicas. Algunos de los sectores con aplicaciones de la nanotecnología son la electrónica, los agroalimentos, las energías renovables, la industria farmacéutica, el sector textil, entre otros.

En este documento se analizan la capacidades científicas, tecnológicas y productivas sobre la nanotecnología que existen en la Provincia de Buenos Aires. A partir de un análisis de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva aplicado a la detección de capacidades de la actividad nanotecnológica en el Sistema de Ciencia y Tecnología Provincial (SCTP), se identifican 50 Institutos, Centros y Laboratorios en el territorio provincial que poseen líneas de investigación en nanotecnología. Estos Institutos cubren 3 nodos regionales: Nodo Metropolitano (distribuidos en 10 municipios), Nodo Centro (ciudades de Tandil y Mar del Plata) y Nodo Sur (Bahía Blanca), y desarrollan actividades de I+D en diversos campos temáticos: salud, electrónica, agroalimentos, energía y medio ambiente. En lo que respecta a la distribución geográfica se observa una relativa concentración en la Región Metropolitana, que alberga el 80% de los Institutos; mientras que entre las áreas temáticas sobresale la salud como aquella que cuenta con el mayor número de instituciones con líneas de investigación. Del total de Institutos, 10 se encuentran asociados a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), lo que demuestra la presencia directa de la Provincia en el desarrollo del sector. Por su parte, las universidades nacionales alojan un gran número de los institutos que trabajan en nanotecnología, principalmente la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), donde a su vez se localiza la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN), organismo clave en el desarrollo del sector en el país. Además de las universidades nacionales, otras Instituciones que desarrollan nanotecnología en la Provincia son el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), YPF Tecnología (Y-TEC), y el Centro Atómico Constituyentes (CAC).

Respecto a la relación entre la nanotecnología y el sector productivo provincial, a partir de diversos relevamientos existentes se pudo construir un padrón de 63 empresas nanotecnológicas en el país, de las cuales 25 se asientan en la Provincia por provincia de Buenos Aires (38,1%). Los números evidencian el carácter aún incipiente y pequeño del sector en el país, aunque también dan cuenta de una importante incidencia de la Provincia en el desarrollo del sector a escala nacional. Si bien la Provincia está presente en varias actividades económicas, se destacan las industrias alimenticia, farmacéutica y química (incluyendo productos de cosmética, limpieza e higiene) por tener una alta

Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo y desafíos futuros



presencia relativa frente al promedio nacional. Esto confirma, por un lado, la importancia de un sector tradicional en la estructura productiva provincial, como la elaboración de alimentos, que encuentra nuevas oportunidades tecnológicas para incrementar el valor agregado en su producción local; y por el otro, las capacidades tecnológicas y productivas que posee la Provincia en la industria farmacéutica y productos medicinales.

Desde un enfoque prospectivo, la Provincia por provincia de Buenos Aires cuenta con una base de capacidades científico-tecnológicas para potenciar y orientar el desarrollo de la nanotecnología hacia el tejido productivo buscando que estas capacidades se traduzcan en innovaciones que diversifiquen la estructura productiva provincial. Algunas áreas en las que existe potencial para avanzar en una agenda de desarrollo son la salud humana, que se suma al resto de desarrollos tecnológicos donde la Provincia posee también capacidades: la biotecnología y los nanomateriales, entre ellos la nanoarcilla, recurso que se encuentra disponible en el territorio provincial y puede ser utilizado en diferentes industrias.



### 1. Nanotecnología y nanociencia: definiciones, usos y campos de aplicación

### 1.1. Definición de nanotecnología (NT) y nanociencia (NC)

La nanotecnología (NT) constituye una nueva manera de trabajar la materia, y por su transversalidad, involucra prácticamente a todas las ramas de las ciencias con numerosas aplicaciones que buscan concebir nuevos y mejorados bienes y posibles soluciones a demandas sociales [1]. La NT se inicia a finales de la década del 50' (1959) cuando el científico Richard Feynman plantea como una posibilidad el manipular directamente los átomos para crear tecnología desde esta nueva perspectiva: "el nivel atómico". Desde esa fecha hasta nuestros tiempos cambió esencialmente la posibilidad de comprender y dominar los fenómenos que son el origen de las propiedades en la nanoescala.

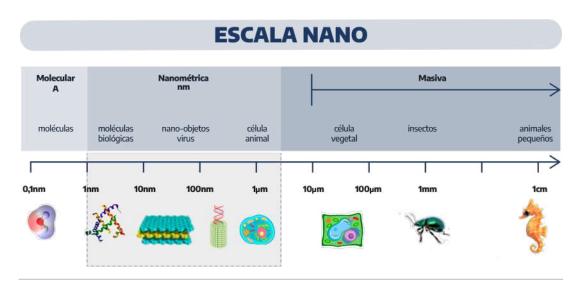
Las nanociencias (NC) se ocupan del estudio del fenómeno y la manipulación de la materia a escala nanométrica¹ (nm), donde las propiedades son diferentes a las de escalas superiores. En tanto, la NT trabaja sobre el diseño, caracterización, fabricación y aplicación de nano-objetos, dispositivos y sistemas controlando el tamaño y la forma a nanoescala. La NC implica multidisciplinariedad, confluencia de conocimientos donde también se asienta la riqueza de las NT.

El prefijo nano (símbolo **n**) proviene del griego y significa "enano". Indica un factor de 10<sup>-9</sup> (representa la milmillonésima parte de algo, 1 **n**m = una milmillonésima de metro). Los nano-objetos con propiedades interesantes son los que poseen un tamaño dentro del rango 1-100 nm aproximadamente (**Figura 1**) y están compuestos por nanomateriales (NMs) que constituyen la base con la que se construye la NT. En estos NMs, al menos una de sus dimensiones es del orden de los nanómetros.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Indica un factor de 10<sup>9</sup> que representa la milmillonésima parte de algo, (1 nm = una milmillonésima de metro).



**Figura 1.** Escala y mundo nano. Representantes en la naturaleza de los diferentes tamaños, desde una molécula simple hasta pequeños animales



Fuente: "Nanotecnología. El desafío del siglo XXI." Galo Soler Illia. Colección Ciencia joven Nro 38. Buenos Aires: Editorial EUDEBA, 2012 [2].

El investigador Argentino Galo Soler Illia destaca en su libro "Nanotecnología. El desafío del siglo XXI." [2] la visión de Mihail Roco, un reconocido experto en NT de los EEUU, quien opina que "Un nanómetro es un punto mágico en la escala dimensional. Las nanoestructuras están en confluencia de los más pequeños dispositivos construidos por el hombre, y las moléculas más grandes. La ciencia e ingeniería de la nanoescala comprenden la visión básica y los avances tecnológicos correspondientes provenientes de explotar nuevas propiedades químicas, físicas y biológicas de sistemas de tamaño intermedio entre átomos aislados o moléculas y materiales "bulk" (masivos), en los cuales las propiedades de transición entre los dos límites sean controladas".

Los grandes cambios en las propiedades llamadas "intensivas" de las nanopartículas (NP) y nano-objetos se deben al hecho de que están constituidos por una pequeña cantidad de átomos. La clave es que las propiedades físicas y químicas de la materia cambian a escala nanométrica, debido a efectos cuánticos. La conductividad eléctrica y térmica, la resistencia, la elasticidad, la reactividad, entre otras propiedades, se comportan de manera diferente que en los mismos elementos a mayor escala. Comprender estos cambios es fundamental para el desarrollo de nuevas NT. A escala nanométrica, muchas de las propiedades interesantes de los materiales están ligadas a que las NP y NMs tienen una enorme superficie disponible. Hay una gran cantidad de átomos que están en la superficie siendo totalmente diferentes a los que están dentro de la materia, y dominando el comportamiento del material (los NMs tienen una altísima superficie por unidad de masa). La potencialidad que presenta la escala nanométrica es, entonces, la posibilidad de encontrar nuevas propiedades que no solamente dependen de su composición, sino también del tamaño de la materia.

Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo y desafíos futuros



En la actualidad hay muchas herramientas que ayudan a observar y comprender las propiedades a nanoescala [2]. Entre ellas, las microscopías electrónicas, la microscopía de efecto túnel, la microscopía de fuerza atómica y la microscopía de fuerza magnética. Además, se cuenta con nuevas posibilidades como la difracción de rayos X y diversas espectroscopías. Algunas técnicas de caracterización de NMs pueden realizarse en laboratorios de media complejidad, mientras que otras requieren instalaciones y/o equipamiento costoso y con alta sofisticación. En general, el trabajo a nanoescala requiere la utilización conjunta de las técnicas mencionadas.

Existen dos métodos diferentes para llegar a producir objetos nanométricos [2]. Por un lado se encuentra el método *top-down* o "de arriba hacia abajo" que consiste en procesos que trabajan a nivel macroscópico y que buscan fabricar objetos cada vez más pequeños, es decir "miniaturizar" objetos. Este método involucra a la ciencia de materiales, a la electrónica (fabricación de chips), a la ingeniería y a la física del sólido. En particular, la fabricación de un dispositivo o Sistema NanoElectroMecánico (NEMS) que pueda traducir señal mecánica en señal eléctrica a escala cada vez menor, es un campo de gran interés en NT, debido a que posibilita el desarrollo de dispositivos con nuevas funcionalidades. Como por ejemplo la miniaturización de transistores, memorias, chips, microprocesadores, robots y otros componentes electrónicos.

Desde otra perspectiva, los constructores moleculares trabajan manipulando los átomos de manera tal de poder fabricar cualquier objeto "de abajo hacia arriba", lo que se conoce como método bottom-up. Este método involucra técnicas estrechamente relacionadas a la síntesis química. Los NMs que se fabrican con estos métodos parten de un precursor molecular. La construcción paso a paso mediante reacciones controladas demanda conocer algunas herramientas de la química, pero en ese caso los equipos necesarios son de menor sofisticación que en procesos top-down. Por la vía bottom-up, pueden fabricarse diferentes NMs y nano-objetos: entre ellos, NP de formas y tamaños controlados, polímeros y películas nanoestructuradas. Otra opción combina materiales inorgánicos y orgánicos en un mismo NMs para obtener sistemas complejos. Por ejemplo, ciertas proteínas pueden ser combinadas con distintas NP que aportan diferentes propiedades. De esta forma, se pueden formar tensioactivos que se utilizan en la industria por combinación de proteínas con NP de oro y dióxido de silicio. Otro ejemplo es la combinación de NP de oro con anticuerpos (proteínas) que se usan en diversos test de diagnóstico, que presentan una o dos líneas de color rojizo.

Una nueva NC que genera expectativas para las NT es la electrónica molecular o "moletrónica". La misma emplea capas muy delgadas de moléculas orgánicas depositadas sobre electrodos metálicos para la fabricación de componentes electrónicos. Estos desarrollos pueden aplicarse, por ejemplo, en la fabricación de sensores de vapores orgánicos.

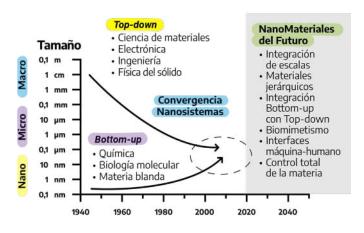
Por último, cabe mencionar un ejemplo de enfoque que integra ambos métodos de producción: la biomímesis, término empleado en ingeniería para hacer referencia al proceso de entender y copiar principios biológicos, o biomateriales, como es el caso del kevlar, semejante a biotejidos



como la seda de araña. La NT y la ingeniería biomédica utilizan métodos de síntesis novedosos en el intento de imitar la síntesis de autoensamblaje con altos rendimientos que la naturaleza ha desarrollado durante millones de años.

En muchas ocasiones, ambas metodologías de producción de NMs y nanosistemas (NS) pueden ser complementarias, y cuando se asocian se abre un abanico de posibilidades de innovación (**Gráfico 1**). Es interesante resaltar que la convergencia entre los métodos *top-down* y *bottom-up* es un fenómeno que se está dando particularmente en la presente década.

**Gráfico 1.** Métodos para la fabricación de nanomateriales (NMs). La convergencia en los métodos *top-down* y *bottom-up* 



Fuente: "Nanotecnología. El desafío del siglo XXI." Galo Soler Illia. Colección Ciencia joven Nro 38. Buenos Aires: Editorial EUDEBA, 2012 [2].

#### 1.2. Campos de aplicación y áreas temáticas con impacto socio-económico

Los sistemas funcionales a escala nanométrica o nanosistemas se presentan bajo una enorme variedad de composiciones, tamaños y formas: NP, NT, nanocircuitos, moléculas, biomoléculas, etc. A partir de investigar y desarrollar a nivel de nanoescala surgieron nuevas aplicaciones y se rediseñaron otras que ya existían. Según la base de Nanotechnology Products Database (NPD) [3], actualmente operan 2.519 empresas con 8.980 productos nanohabilitados en un un conjunto de 63 países². La mayoría de estos productos "basados en nano" corresponden a productos electrónicos, seguidos de aquellos para uso médico (sobre todo fármacos), cosméticos, materiales de construcción, aplicaciones medioambientales (principalmente para el tratamiento y filtración de agua), de uso en la industria automotriz y en el avance de las energías renovables. También en alimentos, agricultura, textiles, industria petrolera, electrodomésticos, productos deportivos y de impresión.

<sup>9</sup> 

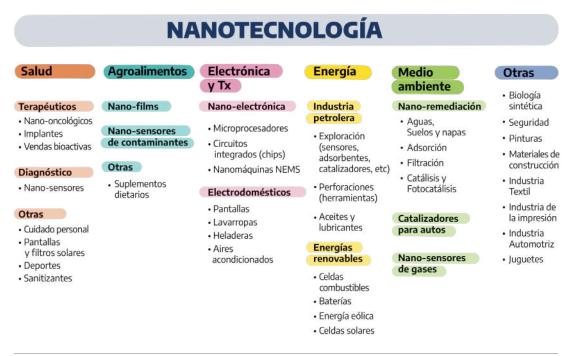


A continuación se enumeran algunas áreas temáticas en las que se puede desarrollar NT con impacto socio-económico [4]:

- Aplicaciones en sector salud: La NT amplía las herramientas disponibles en el sector. La aplicación de la NT en medicina, conocida como nanomedicina, se basa en la escala natural de los fenómenos biológicos para producir soluciones precisas para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades. Las aplicaciones comerciales han adaptado NP de diferentes materiales para la detección y el tratamiento potencial del cáncer y otras numerosas patologías. La investigación en el uso de la NT para la medicina regenerativa abarca varias áreas de aplicación, incluida la ingeniería ósea y de tejidos neurales. Asimismo, existen investigaciones de nanomedicina orientadas a lograr mejores vacunas y mejores herramientas de diagnóstico por imágenes para una evaluación temprana.
- Aplicaciones en sector agroalimentario: la agricultura es otra fuente de nuevas oportunidades y
  enfoques para la aplicación de la NT con el objetivo de mejorar la eficiencia en el uso de insumos (luz,
  agua, suelo) para la agricultura y para un mejor manejo del estrés biótico y abiótico. Además, contribuye a mejorar la eficiencia en la utilización de nutrientes, o recuperarlos de las aguas residuales.
- Aplicaciones en electrónica y telecomunicaciones (Tx): la NT ha contribuido en avances importantes en informática y en electrónica, lo que ha dado lugar a sistemas más rápidos, más pequeños y portátiles que pueden gestionar y almacenar cantidades cada vez mayores de información (transistores más pequeños y rápidos, conmutadores básicos modernos, memorias magnéticas de acceso aleatorio [MRAM] ultrarápidas). En la actualidad se venden pantallas y televisores de ultra alta definición que utilizan puntos cuánticos para producir colores más vibrantes y, al mismo tiempo, ahorrar energía. A su vez, la NT permite desarrollar productos electrónicos flexibles, plegables, enrollables y estirables, y sistemas altamente eficientes que abren la puerta a innumerables productos inteligentes que se integran en una variedad de productos, incluidos dispositivos portátiles, aplicaciones médicas y aeroespaciales e Internet de las cosas.
- Aplicaciones en sector energético: la NT se aplica en las fuentes de energía tradicionales
  y también aporta nuevos enfoques a las energías alternativas, de manera que puedan ser
  más limpias, asequibles, renovables y eficientes. En esa línea, ayuda a reducir el consumo de
  combustible y de liberación de dióxido de carbono a la atmósfera. También se emplea en los
  procesos de extracción de petróleo y gas. Al mismo tiempo, se observa que los productos de
  eficiencia energética y ahorro de energía aumentan en número y tipos de aplicación.
- Aplicaciones en medio ambiente: la NT ayuda a detectar (sensores) y limpiar los contaminantes ambientales (remediación), como así también interviene en procesos de eficiencia energética. La NT asiste para satisfacer la necesidad de agua potable limpia mediante la detección y el tratamiento rápido y económico de las impurezas del agua. También ha contribuido en el desarrollo de elementos de limpieza, filtros para purificar el aire en diferentes lugares, y NP magnéticas para eliminar mecánicamente el aceite del agua.
- Otras aplicaciones: la NT se emplea en un gran número de industrias: producción de pinturas, textil, actividad de impresión, elaboración de plásticos y metalmecánica, entre otras.



#### Cuadro 1. Mapa conceptual de áreas temáticas de intervención de la NT de acuerdo a un enfoque de desarrollo socioeconómico



Nota: Tx: telecomunicaciones. NEMS: Sistemas nanoelectromecánicos Fuente: Elaboración propia

# **2.** La nanotecnología en el marco del Sistema Científico y Tecnológico (SCyT) nacional: redes institucionales y políticas públicas sectoriales

Durante los años 90, las economías de los países centrales posicionaron a la NT como una de las Tecnologías de Propósito General (TPG), lo que se tradujo en un incremento del financiamiento de la misma. En el mismo período, en Argentina existían investigadores en la temática que en su mayoría buscaban continuar con las líneas de investigación iniciadas previamente en estadías de aprendizaje en el exterior. No obstante, en nuestro país la crisis del 2001 postergó la incorporación de la NT a la agenda de las políticas públicas hasta el año 2004, cuando se creó el Programa de Áreas de Vacancia (PAV) impulsado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) dependiente de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SECyT) [5]. Frente a la falta de diagnósticos y estudios prospectivos por entonces, la ANPCyT organizó un "Taller sobre las Nanociencias y las Nanotecnologías en la Argentina", a partir del cual se crearon redes de investigación en ambas disciplinas. Como consecuencia el PAV, con una tendencia hacia la NC, financió la creación de las primeras cuatro redes de investigación en NC que adolecían de vinculación con demandas sociales o productivas [6] [7] [8].



En abril de 2005, el Ministerio de Economía y Producción 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 empresa trasnacional Lucent y dependiente de ese Ministerio. El objetivo de la FAN sería "sentar las bases y promover el desarrollo de infraestructura humana y técnica para competir internacionalmente en la aplicación de micro y nanotecnologías que aumenten el valor agregado de la producción nacional" [9]. Hacia finales del año 2006, la ANPCyT abrió la convocatoria del Programa de Áreas Estratégicas (PAE), perteneciente al Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT), para financiar las áreas seleccionadas como prioritarias en el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación "Bicentenario" (2006-2010), configurando a la NT como una tecnología estratégica [5]. En ese marco, se financiaron proyectos que desarrollaban conocimientos, y otros orientados a solucionar problemáticas socio-productivas específicas. Conformados por entidades públicas o privadas sin fines de lucro dedicadas a I+D, los proyectos con impacto en la producción de bienes y servicios incorporaron empresas vinculadas al sector económico respectivo. Así fueron creados dos centros de NT3, que incluían empresas en su estructura. [10].

A fines de 2007, la FAN pasó a la órbita del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (MINCyT), contribuyendo en la instauración de políticas para la cooperación científico-tecnológica en materia de NC y NT en Argentina [11]. A modo de ejemplo, se puede mencionar la creación del Centro Argentino-Brasileño de Nanociencia y Nanotecnología (CABNN) en apoyo a la investigación científico-tecnológica en el área y al perfeccionamiento de los recursos humanos y científicos de ambos países. En relación a este avance, se creó además el Centro Binacional de Nanociencia y Nanotecnología (CBNN) que estuvo en funciones hasta 2009.

Al año siguiente, en el Marco del Plan "Argentina innovadora 2020", que se estructuró a partir de la caracterización de la NT, la Biotecnología y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) como TPG, se presentaron los Fondos Argentinos Sectoriales (FONARSEC) de la ANPCyT, los cuales financiaron parcialmente proyectos que generarían plataformas tecnológicas en tres áreas del sector: nanomateriales, nanointermediarios y nanosensores4. Con el fin de impulsar emprendimientos tecnológicos en conjunto, a este programa sólo podían aplicar consorcios asociativos público-privados. De los 34 núcleos socioproductivos estratégicos seleccionados 5 incluían explícitamente NT: "Autopartes", "Transformación de recursos naturales en productos industriales de alto valor agregado", "Componentes electrónicos", "Plataformas tecnológicas" y "Nanomedicina". Estos Fondos, entre otras cosas, posibilitaron la acumulación de capacidades y fomentaron la creación de plataformas tecnológicas, impulsando: (i) la formación de recursos humanos calificados; (ii) la adquisición y know how sobre cómo operar equipamiento Científico y Tecnológico (CyT) de alta complejidad operativa; (iii) el afianzamiento de los vínculos entre el sector CyT y el sector privado; (iv) el trabajo interdisciplinario; (v) la obtención de prototipos; (vi) la instalación de plantas piloto industriales; y (vii) la creación de spin-off de capital nacional [10].

Durante el 2011, la FAN incorporó a sus actividades la divulgación y difusión de la NT tales como el programa "Nanotecnología para la Industria y la Sociedad", el concurso "Nanotecnólogos por un día", el programa "Nano U" y "Nano Educación", entre otros. Paralelamente a estas actividades, la

<sup>4</sup> Ver sección 4 de este documento en la que se describen cada uno de los eslabones que componen la cadena de valor de la nanotecnolgía.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>Los dos centros fueron: el Centro Interdisciplinario de Nanociencia y Nanotecnología (CINN) -donde participaron la UBA, el CONICET y la CNEA por el sector público, y las empresas Invap, Nanotek, Darmex y b&w de implantes dentales- y el Nodo Nanotec -donde



FAN lanzó el "Programa de Inversión en Emprendimientos de alto contenido en Micro y Nanotecnología" dirigido a apoyar ideas nacidas de trabajos científicos que pudieran derivar en el desarrollo de productos o procesos, que contaba con dos etapas de financiamiento: Pre Semilla y Semilla<sup>5</sup>. Posteriormente, en 2015, con el objetivo de incubar empresas a partir de la asistencia a proyectos *spin-off* o a microempresas, la FAN inauguró su edificio en un predio de la UNSAM, en la provincia de Buenos Aires. Esta iniciativa con el tiempo fue conocida como "Laboratorio Nanofab", incorporando la prestación de servicios como plataforma tecnológica. Por su parte, la mencionada institución se integró a la Red Nacional de Incubadoras (INCUBAR) de la Secretaría de Emprendedores de la Pequeña y Mediana Empresa del Ministerio de la Producción de la Nación.

Durante 2014 el MINCyT lanzó el Programa NanoPyMEs correspondiente a los Proyectos Regionales Integrados (PRIS), que buscaba resolver problemas o limitantes productivos en los sectores de metalmecánica, agroalimentos, salud y electrónica, a partir de la aplicación de micro y nanotecnología.

Sobre la base de las iniciativas reseñadas, el país pudo reunir un conjunto de capacidades en NT en el Sistema CyT nacional. Estas capacidades se concentran mayormente en Institutos y/o Centros de organismos de CyT (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas [CONICET], INTA, INTI, Comisión Nacional de Energía Atómica [CNEA] y en las Universidades públicas (UNLP, UNSAM, Universidad Nacional del Sur [UNS], Universidad Nacional de Mar del Plata [UNMDP], Universidad Nacional de Buenos Aires [UBA] y Universidad Nacional de Córdoba [UNC]). Dichas instituciones conforman los nodos centrales de las redes de investigación desarrolladas en los últimos años. Según datos elaborados por Barrere y Matas, en el año 2013 [12], a partir de la base de datos de la European Patent Office (EPO), las disciplinas en las cuales desarrollan mayoritariamente la investigación en NC y NT en el país son Física, Química, Ciencia de los materiales, Ciencia de los polímeros, Ingeniería, Bioquímica y Biología molecular. La investigación en NT y NC, debido a su transversalidad, se caracteriza por actividades multidisciplinarias. Asimismo, requiere del empleo de múltiples técnicas para el desarrollo y caracterización de los nanomateriales y nano-objetos, demandando equipos e instalaciones de elevados costos [2]. Por ello, habitualmente la investigación en NT requiere de redes interdisciplinarias de colaboraciones entre Instituciones Nacionales e Internacionales.

# **3.** Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico Provincial (SCTP)<sup>6</sup> en nanotecnología

#### 3.1. Mapa de Instituciones del SCTP con capacidades en NT: distribución regional

En esta sección se presentan los resultados del análisis realizado bajo el marco conceptual de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva aplicado a la detección de capacidades de la actividad nanotecnológica en el SCTP. La Vigilancia Tecnológica y la Inteligencia Competitiva

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup>Actualmente la FAN posee el Programa de Incubación de Empresas "Etapa Pre Semilla" dirigido a impulsar y acelerar la puesta en marcha de emprendimientos nanotecnológicos con proyectos innovadores. El programa facilita el acceso a capital en un lapso de hasta un año para dar inicio a las propuestas innovadoras. Los proyectos exitosos estarían en condiciones de pasar a la "Etapa Semilla", de apoyo técnico y financiero para dar continuidad al estímulo a la creación de empresas nacionales de base nanotecnológica.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup>El Sistema de Ciencia y Tecnología provincial (SCTP) lo componen diferentes actores dedicados a tareas de investigación y desarrollo (I+D) en el territorio bonaerense, ellos son: investigadores, técnicos y personal de apoyo y becarios de investigación. Establecidos en una amplia trama de organismos e instituciones de origen tanto provincial como nacional, incluyendo: organismos nacionales y provinciales de ciencia y tecnología, universidades de gestión pública; centros e institutos de investigación; laboratorios; organismos de promoción científica y tecnológica; prestadoras de servicios tecnológicos; y empresas de base tecnológica de naturaleza público-privada.



refieren a una forma organizada, selectiva y permanente de buscar, recoger y analizar la información relevante sobre tecnología, convertirla en conocimiento útil para anticiparse a los cambios y potenciar la toma de decisiones estratégicas. Para ello se emplearon dos tipos de instrumentos:

La Vigilancia Tecnológica y la Inteligencia Competitiva refieren a una forma organizada, selectiva y permanente de buscar, recoger y analizar la información relevante sobre tecnología, convertirla en conocimiento útil para anticiparse a los cambios y potenciar la toma de decisiones estratégicas. Para ello se emplearon dos tipos de instrumentos:

- Vigilancia tecnológica por áreas estratégicas dentro de la disciplina nanotecnológica (detección de Instituciones, grupos y capacidades del SCTP a través de páginas web).
- Detección de áreas de vacancias y oportunidades de desarrollo tecnológico.

El análisis consistió inicialmente en la detección de capacidades del SCTP a partir del relevamiento de todas las instituciones<sup>7</sup> del SCTP que trabajan en proyectos asociados a NT<sup>8</sup>. Se detectaron un total de 50 Centros, Institutos o Laboratorios de investigación que dedican parte de sus actividades de I+D específicamente a esta disciplina. Estas instituciones fueron geolocalizadas; método que permitió identificar 3 nodos principales de I+D en NT en la provincia de Buenos Aires:

- **Nodo Metropolitano:** comprende las ciudades de La Plata, Berisso, Quilmes, Florencio Varela, Lomas de Zamora, Hurlingham, Morón, Merlo, San Martín, Campana y Luján. En total este nodo alberga 41 instituciones que trabajan temáticas referidas a NT.
- **Nodo Centro:** comprende las ciudades de Tandil y Mar del Plata (partido de General Pueyrredón) y lo componen 4 instituciones.
- Nodo Sur: comprende la ciudad de Bahía Blanca e incluye 5 instituciones.

Dos cuestiones merecen ser destacadas respecto a la distribución geográfica de los Institutos, Centros y grupos de I+D en NT. En primer lugar, que dicha distribución se encuentra relacionada directamente con la presencia de universidades nacionales en los distritos provinciales. En segundo lugar, debe tenerse en cuenta que, si bien las capacidades del SCTP abarcan tres nodos regionales, el nodo denominado Metropolitano concentra más del 80% de las instituciones que cuentan con líneas de I+D en NT, con preponderancia de las instituciones o grupos dependientes de la UNLP y UNSAM.

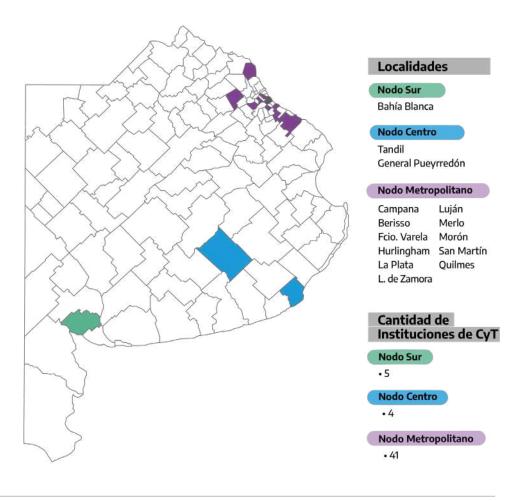
A fin de exponer con mayor claridad la distribución geográfica de las capacidades en NT, se presenta un mapa con la localización de los Institutos, Centros y grupos de I+D en el territorio provincial (Mapa 1). Los Municipios en los que fueron detectadas instituciones de I+D son identificados con colores de acuerdo al nodo geográfico. Asimismo, se referencian para cada nodo los Municipios que cuentan con Centros, Institutos o Laboratorios de investigación y el número total de los mismos.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Cuando en el texto se refiere a instituciones se tiene en cuenta el amplio espectro de los ámbitos donde se desarrolla la actividad científico-tecnológica considerándose a los Centros, Institutos, Laboratorios, Grupos o Programas (dependientes de instituciones) detectados.

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> El relevamiento se realizó sobre la base de la información disponible en Internet de las páginas y portales de cada institución que desarrolla I+D en la Provincia.



Mapa 1. Distribución regional de las instituciones del SCTP en la provincia de Buenos Aires



Fuente: elaboración propia

## 3.2. Descripción del SCTP en relación a las áreas temáticas de desarrollo, sus capacidades y distribución geográfica

Además de su ubicación territorial, otro plano importante para caracterizar a los Institutos del SCTP consiste en las distintas áreas temáticas de la NT hacia las que orientan las líneas de investigación. En la **Tabla 1** se lista el total de los 50 Centros detectados en el SCTP que trabajan en NT, junto a su pertenencia institucional agrupados por nodo geográfico. Además, se marcan las áreas de trabajo involucradas en cada Instituto según la siguiente clasificación: salud, agroalimentos, electrónica, medio ambiente, energía y otras aplicaciones (donde se encuentran desarrollos vinculados a la industrial textil, materiales para la construcción, entre otros), de acuerdo a la clasificación detallada en la sección 1.



Tabla 1. Registro de instituciones del SCTP según desarrollan NT en relación a las áreas temáticas

INSTITUCIONES	INSTITUTOS / CENTROS / LABORATORIOS DEPENDIENTES		ÁREAS TEMÁTICAS						
	NODO METROPOLITANO	Salud	Agroalimentos	Electrónica	Energia	Medioambiente	Otras		
INTA	CIA-Centro de Investigación en Agroindustria. INTA Castelar.		•						
	<b>CIRN</b> -Centro de Investigación en Recursos Naturales. INTA Castelar.					•			
	<b>CIVyA</b> -Centro de Investigaciones en Ciencias Veterinarias y Agronómicas; <b>Instituto de Investigación Biotecnológica.</b>	•	•						
	<b>CIVyA</b> -Centro de Investigaciones en Ciencias Veterinarias y Agronómicas; <b>Instituto de Investigación Virología.</b>	•							
	ITA-Instituto de Investigación Tecnología de Alimentos.								
INTI	Desarrollo Tecnológico e Innovación: Micro y Nanotecnologías.	•	•	•			•		
UNLP	<b>CETMIC</b> -Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica, (CIC-UNLP-CONICET)	•		•		•	•		
	<b>CIDCA</b> -Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos. (CIC-UNLP-CONICET)		•						
	<b>CINDECA</b> -Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas. (CIC-UNLP-CONICET)				•	•			
	<b>CIDEPINT</b> -Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas. (CIC-UNLP-CONICET)						•		
	<b>CINDEFI</b> -Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales. Facultad de Ciencias Exactas. NMB-Laboratorio de NanoBiomateriales. (UNLP-CONICET)	•				•			
	CIOP-Centro de Investigaciones Ópticas. (CIC-UNLP-CONICET)	•	•						
	IMBICE-Instituto Multidisciplinario de Biología Molecular. (CIC-UNLP-CONICET)	•	•						
	<b>IFLP</b> -Instituto de Física la Plata. Facultad de Ciencias Exactas. (UNLP-CONICET)	•		•	•	•			
	<b>IFLySiB</b> -Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos. Facultad de Ciencias Exactas. (UNLP- CONICET)	•		•					
	INIFTA-Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas. (UNLP-CONICET)	•	•	•	•	•			
	<b>LIDEB</b> -Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Bioactivos. Facultad de Ciencias Exactas. (UNLP-CONICET)	•							
	<b>PLAPIMU-LASEISIC</b> -Planta Piloto Multipropósito-Laboratorio de Servicios a la Industria y al Sistema Científico. Facultad de Ciencias Exactas. (CIC-UNLP)					•			
2000	<b>Laboratorio de Biomembranas.</b> Biotecnología. (UNQ-Transferencia)	•				•			
UNQ	<b>NaRDC</b> -Centro de Investigación y Desarrollo de Nanomedicina. (UNQ)	•							
LINCAN	<b>Laboratorio de Sistemas Digitales y Embebidos.</b> Escuela de Ciencia y Tecnología.			•					
UNSAM	<b>LAC</b> -Laboratorio de Cristalografía Aplicada. Escuela de Ciencia y Tecnología.	•	•				•		
	<b>Lab3Bio</b> -Laboratorio de Biomateriales, Biomecánica y Bioinstrumentación. Escuela de Ciencia y Tecnología.	•							
	<b>CATAAB</b> -Centro de Desarrollo de Aceleradores y Tecnologías Asociadas para Aplicaciones Biomédicas. Escuela de Ciencia y Tecnología.	•							



INSTITUCIONES	INSTITUTOS / CENTROS / LABORATORIOS DEPENDIENTES	ÁREAS TEMÁTICAS						
	NODO METROPOLITANO	Salud	Agroalimentos	Electrónica	Energía	Medioambiente	Otra	
UNSAM	<b>LINE</b> -Laboratorio de Integración Nanoelectrónica. Escuela de Ciencia y Tecnología.			•				
	ICAS-International Center for Advanced Studies. Escuela de Ciencia y Tecnología.	•		•				
	<b>3iA</b> -Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental.							
	<b>CRIP</b> -Centro de Rediseño e Ingeniería de Proteínas. (UNSAM-CONICET)	•						
	INS-Instituto de Nanosistemas.		•	•			•	
	<b>ITEDA</b> -Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas.					•		
UNAJ	Instituto de Ingeniería y Agronomía.							
UNLZ	Facultad de Ingeniería.				•			
UNO	Laboratorio de la Escuela de Ingeniería.			0	•			
UNLU	INEDES-Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable. PRIET-Programa de Investigación en Ecotoxicología. (UNLU-CONICET)					•		
UTN LA PLATA	<b>EnAlTecS</b> -Equipo de Energías Alternativas, Tecnología y Desarrollo Sustentable. Departamento de Ingeniería Química.			•	•	•	•	
	<b>CITEMA</b> -Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Materiales. Departamento de Ingeniería Química. (CIC-UTN La Plata)	•			•	•	•	
UTN DELTA	<b>CENES</b> -Centro de Ensayos Estructurales.							
UTN HAEDO	<b>IREN</b> -Centro de Ingeniería de Recubrimientos Especiales y Nanoestructuras.			•				
Y-TEC	Innovación y Desarrollo Tecnológico para la industria energética. Downstream, Upstream y energías renovables. (YPF-CONICET)		•	•	•	•		
CNEA	CAC-Centro Atómico Constituyentes.		•	0		0		
UTN DELTA	<b>CENES</b> -Centro de Ensayos Estructurales.							
FA	AN-Fundación Argentina de Nanotecnología		•	0				
	NODO CENTRO							
	<b>CIFICEN</b> -Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la provincia de Buenos Aires. (CIC-UNICEN-CONICET)			•				
UNICEN	IFAS-Instituto de Física Arroyo Seco. Facultad de Ciencias Exactas. (CIC-UNICEN-CONICET) Unidad dependiente del CIFICEN	•	•			•		
	PLADEMA-Laboratorio de Plasmas Densos Magnetizados.			0		0		
UNMDP	INTEMA-Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales. (UNMDP-CONICET)	•			•	•	•	
	NODO SUR							
UNS	ICIC-Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Computación. (UNS-CONICET)			•				
	IIIE-Instituto de Investigaciones en Ingeniería Eléctrica. (UNS-CONICET)			•				
	IFISUR-Instituto de Física del Sur. (UNS-CONICET)				•			
	INQUISUR-Instituto de Química del Sur. (UNS-CONICET)	•	•		•	•		
	PLAPIQUI-Planta Piloto de Ingeniería Química. (UNS-CONICET)		•	0		0		

Fuente: elaboración propia

Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo y desafíos futuros



Del total de Institutos, 10 se encuentran asociados a la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC), lo que demuestra la presencia directa de la Provincia en el desarrollo del sector. Por su parte, las universidades nacionales alojan un gran número de los Institutos con NT del territorio provincial. En la Región Metropolitana, la UNLP posee 12 instituciones con múltiples dependencias. Entre ellas se destacan el INIFTA, el CINDEFI y una Planta Piloto Multipropósito para Servicios Tecnológicos a la Industria (PLAPIMU-LASEISIC). Dentro del campus de la UNSAM se encuentran 11 instituciones que desarrollan NT. En ese caso, se destaca la presencia de la FAN (dependiente del MINCyT) y varios Institutos o Laboratorios dependientes de la Escuela de Ciencia y Tecnología (ECyT), como así también el 3iA y el INS, entre otros. La UNQ posee 2 instituciones que realizan actividades de I+D y trabajan en temas relacionados a la NT. Además, existen grupos o instituciones que desarrollan NT y NC en la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ), Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ), Universidad Nacional del Oeste (UNO) y Universidad Nacional de Luján (UNLU). Además, se detectó que la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) posee 1 equipo y 3 Centros de investigación relacionados con NT pertenecientes a las Facultades Regionales de La Plata, Delta y Haedo.

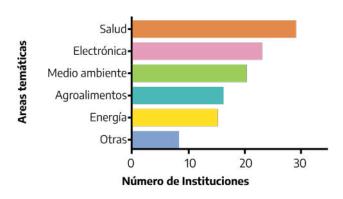
Por su parte, en el Nodo Centro, la Universidad Nacional del Centro (UNICEN) nuclea a 3 instituciones localizadas en Tandil: el CIFICEN, el IFAS y el PLADEMA; y en la UNMDP se encuentra el INTEMA, Instituto que presenta diversas áreas que desarrollan NT. Finalmente, en el Nodo Sur, la UNS presenta varios Institutos que trabajan esta tecnología y también posee la Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI) que es otra institución que aborda la tecnología desde diferentes áreas

Además de las universidades nacionales, se identificaron otras instituciones que desarrollan NT en la Provincia: el INTI, el INTA, que posee 5 dependencias en la Provincia que se dedican a la NT, el Y-TEC y el Centro Atómico Constituyentes (CAC-CNEA) ubicado en la ciudad de San Martín (dependiente de la Secretaría de Energía de la Nación).

De la **Tabla 1** se desprende que, de los 50 Institutos detectados con actividades de I+D vinculadas a la NT concentran sus actividades en las siguientes áreas temáticas: salud (29), electrónica (23), medio ambiente (20), agroalimentos (16), energía (15) y otras (8). El **Gráfico 2** resume la información de la **Tabla 1** mostrando el número de Institutos con líneas de investigación en cada área. De esta forma, se constata que las capacidades del SCTP cubren diversos campos de investigación. Se observa, no obstante, un predominio del área de salud, hecho que demuestra el potencial que tiene la NT para aplicaciones en esta materia así como las capacidades que posee la Provincia en la misma. En segundo y tercer lugar, aparecen la electrónica y el medio ambiente, respectivamente.



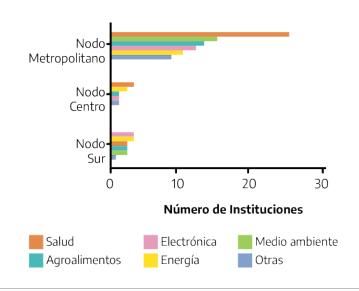
Gráfico 2. Distribución de las instituciones del SCTP según áreas temáticas en las que desarrollan NT



Fuente: elaboración propia

Un último punto para analizar es la presencia de las distintas líneas de investigación por área temática según los nodos regionales. Esto se muestra en el **Gráfico 3**, donde se expone el agrupamiento de las instituciones de ciencia y tecnología que trabajan en NT según su geolocalización y en función de las áreas temáticas de desarrollo.

Gráfico 3. Distribución de las áreas temáticas por nodo regional



Fuente: elaboración propia

En el gráfico puede observarse que el Nodo Metropolitano exhibe una amplia base de conocimientos: es el que posee la mayor densidad de grupos de I+D en NT y presenta desarrollos en todas las áreas temáticas. En simultáneo, se observa una marcada preponderancia en el área de salud, seguida por medioambiente y agroalimentos. En el Nodo Centro se destacan salud y energía como objetos de estudio en NT para esta región. En cambio, es muy incipiente la actividad vinculada al



medio ambiente, a diferencia de los Nodos Sur y Metropolitano. Por último, el Nodo Sur es el que muestra mayor equilibrio en cuanto a las áreas que desarrolla respecto a NT, tal como se observa en Biotecnología (ver al respecto Documento de Trabajo N° 1. ORBITA (2020) [13]).

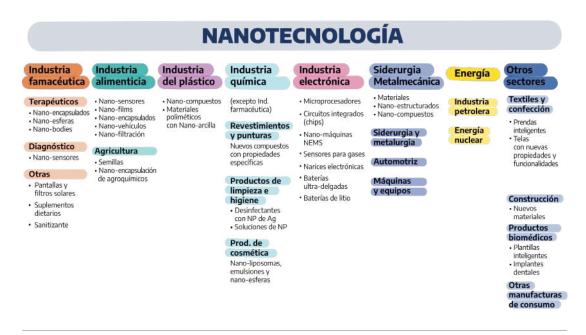
# **4.** Nanotecnología y sector productivo provincial: empresas, desarrollos y aplicaciones

La NT incide en múltiples actividades productivas. Al basarse en las propiedades y funcionalidades específicas que presentan las partículas a escala nanométrica (por ejemplo color, flexibilidad, conductividad eléctrica y térmica, características ópticas y magnéticas, entre otras), la NT genera posibilidades de diseñar y crear productos novedosos, o reformular tradicionales para incluir prestaciones o características mejoradas. Por lo tanto, el amplio abanico de oportunidades de innovación abierto por la NT hacia diversas actividades productivas es uno de los motivos, entre otros, por los cuales la NT ha sido considerada una TPG.

A pesar de su carácter transversal, hay algunos sectores donde la NT presenta mayores oportunidades de aplicación (ver **Cuadro 2**), como también se constata al observar los sectores productivos donde operan las empresas nanotecnológicas existentes en el país. Entre estos sectores, se destacan la industria electrónica, la generación de energía, la siderurgia y la metalmecánica, la industria química, la industria del plástico y la industria farmacéutica. Desde una perspectiva insumo-producto, la incidencia de la NT se expande en la estructura industrial debido a que distintos sectores encuentran la posibilidad de mejorar sus productos a partir del uso de nanomateriales con nuevas funcionalidades, a lo que debe añadirse la posibilidad de contar con nuevas herramientas y dispositivos concebidos a partir del uso de NT que optimizan el proceso productivo. En ese sentido, la generación de nanoinsumos, como nuevos materiales y compuestos, extiende el impacto de la NT hacia sectores como el automotriz (por ejemplo a partir del uso de revestimientos con propiedades mejoradas, aditivos para lubricantes, neumáticos, sensores electrónicos), la confección de vestimentas (nnovedosos materiales con funciones específicas o prendas inteligentes), la construcción (materiales más livianos o resistentes y revestimientos) y la agricultura (nanoencapsulación de fertilizantes).



#### Cuadro 2. Mapa de sectores productivos con aplicaciones en técnicas nanotecnológicas



Fuente: elaboración propia

Continuando el análisis de la incidencia de la NT en el aparato productivo desde una perspectiva de insumo producto, es útil distinguir los distintos segmentos que componen la **cadena de valor en el desarrollo de la NT**º. Por un lado, se encuentra la **producción de nanomateriales**, es decir, estructuras de la materia desarrolladas a escala nanométrica que exhiben propiedades dependientes del tamaño y que se encuentran sin procesar o mínimamente procesadas, como nanopartículas, nanotubos, nanofilms, puntos cuánticos o materiales nanoporosos. Por las escalas de producción, es un eslabón con fuertes barreras a la entrada y con fuerte presencia de empresas multinacionales. En el caso de Argentina, bajo el impulso de los Fondos sectoriales de la ANPCyT, los esfuerzos se han dirigido principalmente hacia nanoarcillas y nanocompuestos de matriz metálica y aleaciones nanoestructuradas [10].

Por otra parte, se encuentra la **producción de nanointermediarios** (como revestimientos; tejidos; memorias; plásticos, generadores y almacenadores de energía, sensores, componentes ópticos; entre otros), que funcionalizan las NPs o nanoestructuras para su aplicación en productos finales. En este segmento, las líneas prioritarias en la política científica y tecnológica nacional se han relacionado con nanoencapsulados y con sus múltiples aplicaciones industriales [10]. La encapsulación a escala nano puede mejorar la efectividad y la eficacia en la administración y direccionamiento de compuestos como nutrientes para la producción de alimentos, de principios activos para la producción de fármacos, o mejorar la dosificación de insumos para el agro, entre otras potencia-

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup>La diferenciación y la identificación de los distintos eslabones en la cadena nanotecnológica han sido propuestas por la consultora Lux Research (2004) [14], y utilizada en varios trabajos para el análisis del sector.

Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo y desafíos futuros



lidades. El tercer eslabón de la cadena está conformado por los **productos nanoenriquecidos**, esto es, los productos finales elaborados a partir de NMs o nanointermediarios que, tal como se mencionó previamente, pueden abarcar distintas industrias como la automotriz; la confección de prendas de vestir; la fabricación de dispositivos electrónicos y de artículos para el hogar, la industria alimenticia; la elaboración de productos químicos de uso final (cosméticos o productos de limpieza e higiene). Un cuarto eslabón de la cadena de valor consiste en la **producción de las nanoherramientas** (por ejemplo, nanoscopios, nanomanipuladores, dispositivos de eliminación de capas atómicas y equipamiento de nanolitografía) utilizadas en los otros tres eslabones de la cadena y que incluye a los distintos equipos, maquinaria e instrumentos técnicos, utilizados para operaciones de medición, manipulación, análisis y producción de NMs y nanoestructuras.

Los registros realizados sobre la cantidad de empresas de NT en el país no muestran números uniformes. Si bien estos registros fueron realizados en distintos años, lo que puede dar lugar a cambios en el número de empresas, especialmente en un sector dinámico, este hecho no parece ser la única razón de las divergencias. El número de empresas difiere además, entre otras cuestiones, por la ausencia de criterios homogéneos preestablecidos sobre qué se considera una empresa nanotecnológica y, en este marco, por la diferencia de criterios tomados por los autores para identificarlas. Este problema no es exclusivamente local. De acuerdo a Vila Seoane [8], las complejidades aún no resueltas respecto a la definición de qué es y qué no es NT, junto con las múltiples facetas que la misma puede tener en sus aplicaciones, lleva a que no exista aún una definición consensuada a nivel internacional para establecer cuándo una empresa es de NT. Asimismo, muchas empresas pueden ser usuarias de desarrollos nanotecnológicos, como nanomateriales, en sus procesos usuales de producción, sin necesariamente tener algún tipo de proceso específico para su desarrollo o capacidades en técnicas nanotecnológicas. Asimismo, captar estos desarrollos no es sencillo dada la inexistencia de regulaciones respecto del etiquetado de contenido nanotecnológico y la ausencia de información sobre si esta tecnología ha sido usada en las distintas etapas previas de la cadena de valor [15]. Hay que tener en cuenta, además, que no todas las empresas tienen productos nanotecnológicos en el mercado y se encuentran ejecutando proyectos de I+D, en articulación con instituciones del sistema científico, en distintos estadios de desarrollo. En ese marco, algunos autores optan por reconocer sólo las empresas con productos ya en el mercado, o evalúan el grado de avance de los emprendimientos para decidir su inclusión en el padrón. A estos problemas enumerados hay que añadirle que en la mayoría de los casos se flexibiliza la escala manométrica y se incluye los desarrollos que corresponden a la microtecnología, es decir, se consideran casos que por el tamaño de las partículas no llega a hacer NT. En paralelo, hay diferencias de criterio sobre la inclusión o no del sector de nanoherramientas, sobretodo dado que es un sector dominado por empresas comercializadoras de bienes con desarrollos tecnológicos y proceso de manufactura en el extranjero, donde la fabricación es inexistente en el país [16]. Al menos en parte debido a estos factores, los números presentados en los distintos relevamientos existentes divergen.

Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo y desafíos futuros



De acuerdo a la FAN en el año 2009 las empresas argentinas vinculadas a actividades de NT llegaron a un total de 22 [17]. Posteriormente, en 2012 la FAN identificó 46 empresas [18]. El mapa actual de la FAN consta de 52 empresas, incluyendo nanoherramientas. En un relevamiento del año 2010 [8] se identificaron un total de 45 empresas en el país, de las cuales sólo el 20% contaba con aplicaciones propias en el mercado, mientras que 69% solo tenía proyectos de I+D en NT con el fin de llegar a un producto o un proceso, y el 11% restante comercializaba nanoherramientas. Según un estudio de consultoría para el MINCyT publicado en el año 2016 [19], pero con información de los años 2012 y 2013, las empresas de NT en el país llegaban a 83. Por su parte, Záyago Lau y col. [15] obtienen un inventario total de 58 empresas dedicadas a la NT en la Argentina en el año 2015, de las cuales el 78% producía en el país y el 22% restante importaba sus productos. Posteriormente, en 2016, el mismo equipo de trabajo identificó 37 empresas operativas [16]. El menor número entre ambos registros se debe mayormente a que en el segundo relevamiento se excluyeron aquellos emprendimientos que sólo realizan I+D y las empresas que comercializan nanoproductos importados sin realizar procesos nanotecnológicos en el país. Por su parte, Surtayeva [10] presenta un padrón de empresas para el año 2019 el cual tiene las ventajas, además de su actualización, de ser un inventario más restrictivo dado que considera sólo empresas de capitales nacionales (y no considera nanoherramientas); y que diferencia entre empresas con productos o procesos vinculados a la NT en el mercado desarrollados por sí mismas y/o en conjunto con algún grupo de investigación, o que cuentan solamente con proyectos de I+D. Su padrón incluye 53 empresas en total, de las cuales 28 tienen aplicaciones propias en el mercado y 25 sólo cuentan con proyectos de I+D.

Más allá de las diferencias de números entre los padrones, se desprende un patrón común de todos los trabajos: el sector de NT sigue siendo incipiente y pequeño en términos de la cantidad de instituciones y empresas con desarrollos y productos nanotecnológicos [20]. Además, hay que tener en cuenta que existen diferencias en los grados de avance que tienen cada una de las empresas en cuanto a la aplicación de la NT en sus productos o procesos [8]. Se han mencionado diversos factores que podrían actuar como trabas para el desarrollo del sector. Lopez y Pascuini [20] revisan los trabajos sobre NT en el país y resumen estas causas en las siguientes: a) las restricciones en materia de equipos e infraestructura; b) la limitada demanda proveniente del sector productivo para incorporar compuestos, materiales e insumos derivados de la NT; c) la dificultad para escalar los desarrollos a nivel industrial; d) la falta de integración entre la investigación realizada en las instituciones del Sistema CyT y el sector privado; e) las dificultades de las empresas para acceder a fondos privados, f) la necesidad de importar las materias primas (NMs), cuya producción se encuentra altamente concentrada a nivel internacional, así como equipos y nanoherramientas, g) la competencia con empresas globales ya instaladas; h) la falta de definición sobre cuestiones regulatorias.

Un primer aspecto de discriminación del conjunto de empresas nacionales es el sector industrial correspondiente a su producción. Vila Seoane [8] encuentra que, aunque los sectores de aplicación son variados, la mayor cantidad de empresas argentinas se concentra en aplicaciones para la salud

Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo y desafíos futuros



humana y en segundo orden aparece la industria química. Záyago Lau y col. [15] encuentran que la manufactura de sustancias y productos químicos concentra la mayoría de las empresas, y es seguida por la manufactura de productos farmacéuticos. A partir del registro del año 2017, Foladori y col. [16] concluyen que en el sector de químicos y productos farmacéuticos (medicinales, cosméticos, o nutracéuticos) junto a la electrónica, son los sectores más receptivos a la NT en Argentina. En el padrón de Surtayeva [10] los sectores de aplicación son variados, aunque se reitera el predominio de las aplicaciones para la industria farmacéutica y la salud humana y en segundo lugar, productos de la agroindustria y alimentos e instrumentos y equipos. Emerge, por lo tanto, la industria química, incluyendo a la elaboración de productos medicinales como la más representativa (en términos de cantidad de firmas) en el país. Los otros sectores con empresas nanotecnológicas son la industria plástica, metalúrgica y siderúrgica, metalmecánica, autopartes, energía y minería, cosmética, aeroespacial, textil y electrónica.

Respecto a la ubicación de las empresas en la cadena de valor nanotecnológica, de acuerdo a Foladori y col. [16], del total de 37 empresas sólo 6 producen nanoinsumos (metal o polímeros) y 13 nanointermedios (compuestos, sensores, recubrimientos y terapéuticos), mientras que cerca de la mitad (49%) se dedican a productos finales. La poca generación de NMs en la Argentina demuestra, según los autores, una dependencia de suministros del extranjero y un sesgo de las empresas nacionales a orientar los esfuerzos hacia el aprovechamiento de las ventajas competitivas ofrecidas por la NT en bienes finales. Proporciones similares se encuentran en la consultoría encargada por el MINCyT: de un total de 83 empresas identificadas en el padrón (incluyendo las potenciales), más de la mitad se ubica en el eslabón de los nanoproductos (64%), mientras que las empresas productoras de nanoinsumos sólo representan un 8%, el eslabón de nanointermedios el 17% y el 11% corresponde a las empresas que asisten a la cadena suministrando equipamiento y herramientas.

Cuando se discrimina por territorio, se observa que la provincia de Buenos Aires (PBA) conforma, junto a La Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), la región más dinámica en términos de aplicaciones productivas de la NT. Según la FAN en 2012 el 52% de las empresas se ubicaba en PBA y el 35% en CABA. De acuerdo a Záyago Lau y col. [15] del total de 58 empresas, en CABA se encontraron 23, seguida por PBA con 21; Córdoba con 6; Santa Fe con 3; Río Negro con 2 y Entre Ríos, Catamarca y Santiago del Estero con 1. En 2017, según Foladori y col. [16], la distribución de las 37 empresas identificadas mostraba una supremacía de PBA donde se localizaban 19 (51,4%), seguida por CABA con 7. El resto se localizaba en Córdoba (5), Santa Fe (2), Río Negro (2), Entre Ríos y Catamarca (1).

En la **Tabla 2** se muestra la distribución de empresas por sector productivo y regiones (PBA versus resto del país). El registro se basa en dos fuentes. Por un lado, el padrón de Surtayeva [10], publicado en 2019, por ser el más actualizado de los trabajos publicados y además porque discrimina entre aquellas empresas que ya poseen productos en el mercado y aquellas que aún se encuentran en la etapa de I+D. Por otro lado, se toma el mapa de la FAN (excluyendo el rubro nanoherramientas) por



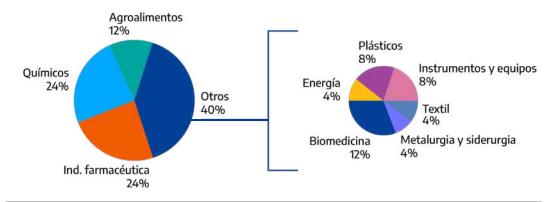
ser la institución referente y donde se incuban varios de los emprendimientos del sector. Del cruce entre estos dos padrones se obtuvo un total de 63 empresas nanotecnológicas en el país, de las cuales 25 se asientan en la PBA (38,1%). Si bien la Provincia está presente en varios sectores, se destacan los siguientes por tener una alta presencia relativa frente al promedio nacional: industria alimenticia, industria farmacéutica e industria química incluyendo productos de limpieza y cosmética. De esta forma, se destacan en la Provincia dos polos productivos importantes: el químico y farmacéutico, y el agroalimentario. Contrariamente, llama la atención las pocas empresas de NT dedicadas a la producción de herramientas e instrumentos y electrónica, aunque la metalmecánica sea un sector con una importante presencia en la estructura productiva Provincial. El **Gráfico 4** muestra la distribución sectorial de las empresas nanotecnológicas de la Provincia.

Tabla 2. Cantidad de empresas nacionales de nanotecnología por sector productivo y región

Sector	РВА	Resto país	Total país
Agroindustria y alimentos	3	4	7
Energía y Minería	1	1	2
Sector Aeroespacial	-	2	2
Sector Biomédico	3	3	6
Industria Farmacéutica	6	6	12
Industria Metalúrgica y Siderúrgica	1	1	2
Industria Textil	1	1	2
Instrumentos y equipos, incluyendo dispositivos electrónicos	2	11	13
Medio ambiente	-	1	1
Industria Química (exc. productos farmacéuticos)	6	6	12
Industria del plástico	2	2	4
Total general	25	38	63

Fuente: elaboración propia a partir de datos propios, de Surtayeva [10] y la FAN [18]

**Gráfico 4**. Distribución sectorial de las empresas de nanotecnología en la provincia de Buenos Aires



Fuente: elaboración propia a partir de datos propios, de Surtayeva [10] y la FAN [18]

Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo y desafíos futuros



En el sector agroalimentario se encuentran OmegaSur (Mar del Plata) que busca refinar aceite marino a partir de un proceso de microencapsulado, NanocelluAr (Morón), un emprendimiento impulsado por una empresa privada, West Lubricantes S.A. para el desarrollo de nanocelulosa para distintas aplicaciones y Nanótica (San Martín) con tecnología de nanoencapsulación para disminuir la cantidad requerida de agroquímicos. Además Y-TEC (Berisso) tiene proyectos en NT que no sólo involucran al sector energético sino además al sector agrario.

En la industria farmacéutica, incluyendo la producción de reactivos de diagnóstico, es donde se observan más empresas. Entre ellas: ELEA (Malvinas Argentinas), Chem test (San Martín, *spinoff* de Biochemic), Inmunova (San Martín), Lab Bacón (Vicente Lopez), Laboratorios Pharmatrix (La Matanza) y Zev Biotech (San Martín), algunas con productos actualmente en el mercado. Relacionado a esta industria, se encuentra el sector de biomedicina, con los casos de Biomatter y MABB (ambas en San Martín). La primera con un proyecto para la regeneración de piel, y la segunda con la utilización de nanocerámicas para el diseño y producción de implantes dentales.

El otro sector con mayor cantidad de empresas es la industria química, incluyendo principios activos para distintas aplicaciones, la producción de varias sustancias para limpieza e higiene y productos cosméticos. En este grupo se encuentran Fabriquímica (San Martín, produce nanoestructuras para la industria cosmética), Adox (Ituzaingó, tiene en desarrollo un lubricante de instrumental quirúrgico a base de NP), Chemisa (Morón, con el desarrollo de revestimientos anticorrosivos con NT), GIHON (Mar del Plata, nanoencapsulados y otros desarrollos), Hybridón (Ituzaingó, en etapa de desarrollo de recubrimientos antibacterianos) y Melt (Campana, recubrimientos nanoestructurados). Dentro del grupo de empresas con NT aplicadas a la medicina se encuentra Gisens Biotech (que posee una sede en Berazategui y se especializa en el desarrollo de plataformas de biosensado).

Otros sectores donde existen empresas con desarrollos en NT son la industria siderúrgica (Tenaris en Campana, realiza actividades I+D en materiales a partir de la NT), la industria textil (Rasa Protect en Chascomús, con un proyecto sobre trajes de bomberos utilizando NT para lograr una tela que funcione como aislante térmico), la producción de equipos, instrumentos y dispositivos electrónicos como Penta (Bahía Blanca, desarrolló un chip para incorporar a equipos detectores de metales), Unitec Blue (Chascomús, tarjetas inteligentes y circuitos integrados) y la elaboración de productos de plásticos donde se encuentra Nairoby (Mar del Plata, posee un proyecto para crear tablas de *snowboard* a partir de un compuesto especial termoplástico reforzado a través del agregado de nanoarcillas).

Desde el punto de vista geográfico (ver **Mapa 2**), las empresas bonaerenses tienden a concentrarse en la Región Metropolitana donde se ubican 21 del total de 25 empresas. Se destaca el municipio de San Martín con 7 empresas, aunque otros 10 municipios poseen empresas de NT en el Nodo Metropolitano. Además existen empresas en el Nodo Sur y en el Nodo Centro, en particular en Bahía



Blanca (1) y General Pueyrredón (3) respectivamente. Si se compara este mapa con la distribución territorial de los grupos e instituciones con líneas de I+D en NT (ver **Mapa 1**) se puede observar cierta asociación a escala territorial entre el desarrollo de emprendimientos en NT y las capacidades en ciencia y tecnología.

Localidades Nodo Sur Bahía Blanca **Nodo Centro** General Pueyrredón Nodo Metropolitano Berazategui San Martín Berisso Vte. López Campana Tigre Chascomús Malvinas Arg. Ituzaingó La Matanza Morón Cantidad de Empresas de CyT Nodo Sur **Nodo Centro** • 3 Nodo Metropolitano • 21

Mapa 2. Distribución regional de las empresas de nanotecnología en la provincia de Buenos Aires

Fuente: elaboración propia

## **5.** Regulaciones de la actividad nanotecnológica en Argentina: instituciones, normas, ética y difusión respecto a las nanotecnologías

Desde su aparición, la NT ha presentado variados desafíos para las autoridades gubernamentales en temas regulatorios y jurídicos, como propiedad intelectual, derecho internacional, ambiental, laboral, de salud y seguridad y comercial, civil y privado. Esto ocurre fundamentalmente debido a que es una tecnología reciente, por lo que presenta una necesidad de estudios que permitan conocer más acerca de los posibles efectos tanto en la salud de los consumidores

Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo y desafíos futuros



y trabajadores y sobre su incidencia en el medio ambiente. De manera que la generación de un marco regulatorio adecuado se torna crucial para que los ciudadanos puedan ejercer su derecho a conocer el origen de los productos consumidos y, al mismo tiempo, la autoridad competente cuente con una correcta normativa de aplicación.

### 5.1. Regulaciones relacionadas al empleo de la NT

Dado el carácter de tecnología emergente y aún no madura en su aplicación, la NT requiere avanzar en la generación de marcos regulatorios y jurídicos que contemplen por un lado normas y estándares de calidad internacionales (propiedad intelectual, derecho internacional, ambiental, laboral, entre otras) pero que, al mismo tiempo, dichas normas y legislaciones consideren las especificidades de la estructura productiva nacional y provincial, y las mismas no sean un desincentivo para su promoción, desarrollo y efectiva absorción en el entramado productivo local.

Se puede clasificar la regulación de las NC y NT y sus productos en: regulación dura (obligatoria o vinculante) y regulación blanda (voluntaria, flexible, no reglamentaria) [21]. La regulación blanda consiste básicamente en seis medidas que permiten vigilar el uso de la NT: 1. registros; 2. etiquetado; 3. códigos éticos o de conducta; 4. sistemas de gestión de riesgo; 5. guías y 6. estándares técnicos. Por lo general, una o varias de estas acciones surgen para complementar normativas vigentes.

Los registros son sistemas que recaban información útil para las autoridades públicas con el fin de actuar de forma más adecuada frente a situaciones de incertidumbre. Algunos países de Europa como Francia, Suecia, Dinamarca, Bélgica y Noruega poseen registros obligatorios sobre la producción, distribución e importación de sustancias que contengan NMs. Los etiquetados en los nanoproductos, los cuales pueden ser voluntarios u obligatorios, tienen la intención de brindar información sobre los productos cuyos ingredientes incluyen NMs (Guía para el etiquetado voluntario de productos al consumidor que contengan nano objetos: ISO/TS 1383). Por su parte, los códigos éticos o de conducta se pueden utilizar solamente como una herramienta para guiar la actuación de investigadores o desarrolladores respecto a la responsabilidad, seguridad, sustentabilidad y ética. Los sistemas de gestión de riesgo son implementados por las empresas para fortalecer la responsabilidad corporativa e identificar, evaluar y gestionar los riesgos al ambiente, salud y seguridad relacionados con los NMs. Del mismo modo, las quías tratan de establecer un curso de acción para determinar cuáles deben ser las pruebas de seguridad a aplicar (como por ejemplo las guías de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Por último, las normas técnicas establecen estándares sobre la calidad, la seguridad, el diseño, el proceso de producción y la identificación de los productos.

Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo y desafíos futuros



Son articuladas por instituciones nacionales como el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), o internacionales, como la Organización Internacional de Estandarización (ISO) o Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), y su cumplimiento es voluntario.

Cuando una tecnología aún es reciente, como la NT, el desarrollo de métodos, guías y normas o estándares para caracterizar y etiquetar NMs en productos o procesos permite achicar las brechas de información entre los distintos actores que intervienen en la cadena [2]. En este aspecto, Argentina participa en el Comité ISO/TC 229 como país observador a través del IRAM. A nivel internacional el marco normativo respecto al uso e implementación de las NTs lo establece la ISO (organización internacional para la estandarización), y los órganos encargados de regular los aspectos médicos, EMA (Agencia Europea de Medicamentos) en la Unión Europea y la FDA (Administración de Medicamentos y Alimentos) en los Estados Unidos.

En 2008, el IRAM creó un Comité de NT conformado por especialistas locales de diversas disciplinas. El Comité tiene como función principal establecer políticas y líneas de acción para el desarrollo de la normalización en el área de las NT. El Subcomité de NT que funciona en el mismo Comité, tiene como función el desarrollo de normas en particular, terminología; medición y caracterización; salud, seguridad y aspectos ambientales; y especificación de materiales. En materia de NT, el IRAM dispone de diversas normas: la IRAM 39501 sobre vocabulario y la IRAM 39502, de hoja de datos de seguridad; la norma IRAM 39503, de metodología para la evaluación del riesgo de NMs y la norma IRAM 39504, de gestión del riesgo ocupacional aplicado a NMs de ingeniería, principios y enfoque basado en control de bandas.

A nivel internacional el marco normativo respecto al uso e implementación de las NTs lo establece la ISO (organización internacional para la estandarización), además los órganos encargados de regular los aspectos médicos, la EMA (Agencia Europea de Medicamentos) en la Unión Europea y la FDA (Administración de Medicamentos y Alimentos) en los Estados Unidos. Sin embargo, la regulación internacional actual en materia de NTs es limitada y existen vacíos legales al respecto, siendo aún necesaria una normatividad apropiada que permita el desarrollo de esta tecnología [22]. En este sentido, existen distintos organismos, tanto públicos como privados, que trabajan en conjunto con la finalidad de asegurar la armonización internacional de estándares y métodos de prueba, promover la cooperación, acordar y emitir recomendaciones entre los países acerca de aspectos de seguridad, salud humana y ambiental ante los potenciales efectos de los NMs manufacturados.

Respecto a las principales áreas tecnológicas de las patentes de titularidad argentina (o con inventores argentinos), se evidencia un menor predominio de la nano-electrónica respecto al número de publicaciones científicas. El estudio del MINCyT, revela las siguientes áreas de interés por orden de importancia: Técnicas y procesos industriales (34%); Nanomedicina (29%)



(Incluidas la veterinaria y los productos de aseo, especialmente preparaciones de uso médico, dental); Física-metrología (15%), (especialmente relativa a investigación o análisis de materiales por determinación de sus propiedades físicas o químicas, separación de constituyentes de materiales en general); Bioquímica (15%) (péptidos, microorganismos y enzimas); y Electricidad (9%) (Dispositivos semiconductores).

# **6.** Oportunidades y líneas de trabajo prospectivas en torno a la nanotecnología en la provincia de Buenos Aires: opinión de un especialista

En el presente apartado se presentan algunas líneas de trabajo prospectivas en materia de oportunidades de la NT para la provincia de Buenos Aires. A fin de profundizar al respecto se consultó al Ingeniero Daniel Lupi<sup>10</sup> presidente de la FAN, referente y especialista en ingeniería y diseño de sistemas de control micro y nanoelectrónicos. A continuación se resumen algunas de sus intervenciones en el marco de la entrevista realizada.

## i. La diferenciación entre los eslabones de la cadena de valor nanotecnológica es útil para identificar las oportunidades que operan en cada segmento.

A diferencia de la visión predominante en los últimos años, la cual apunta especialmente hacia el desarrollo de nanointermediarios y nanoproductos finales, el entrevistado entiende que actualmente pueden encontrarse potencialidades en el área de materias primas nanotecnológicas. Al respecto, sostiene la posibilidad de innovar en nanomateriales con propiedades mejoradas en base a nanoarcillas, material con el que la provincia de Buenos Aires cuenta con dotaciones para explotar. Por ejemplo, menciona el desarrollo de nuevos materiales en base a nanoarcillas que impactan en la mejora de la calidad de los polímeros. En particular el uso de nanoarcillas confiere a los materiales mayor resistencia mecánica, mayor resistencia al fuego, mayor ligereza. También se pueden emplear las nanoarcillas en procesos de remediación ambiental ya que poseen propiedades filtrantes. Asimismo, el entrevistado menciona las posibilidades que ofrecen las NP de plata y cobre como materias primas para potenciar la industria textil, por ejemplo, en la fabricación de barbijos con propiedades viricidas y bactericidas. Debido a estas oportunidades en la generación de materiales en el territorio nacional, sugiere la necesidad de replantearse el modelo de desarrollo nacional de la NT centrado en productos finales e intermedios en el que la producción primaria se abastece exclusivamente a través de importaciones.

¹º Daniel Lupi es Ingeniero Electromecánico con orientación Electrónica por la Facultad de Ingeniería (UBA, 1975), actualmente preside la FAN y es docente-investigador en la Universidad Nacional de La Matanza en la que desarrolla sus actividades de investigación aplicada relacionada a sistemas de control. Es Master in Strategic Management of Innovation (ESST), por la Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (Suiza). Fue Director del Centro de Investigación en Electrónica e Informática del INTI, y también fue profesor en la UTN - Facultad Regional Buenos Aires y en la UNGS.



### ii. Debido a su transversalidad, la NT puede contribuir a generar nuevos desarrollos en diferentes sectores productivos ampliando las oportunidades de innovación y favoreciendo a complejizar la estructura productiva del país y de la Provincia.

Desde un enfoque prospectivo, pueden identificarse algunas áreas donde las oportunidades mencionadas en el punto anterior son mayores como resultado de las características propias de la NT, el perfil productivo y las capacidades de la Provincia en las diversas industrias. Entre las diferentes áreas de aplicación de la NT, el entrevistado sostiene que las mayores potencialidades se encuentran en el área de la salud. El país cuenta con una industria farmacéutica consolidada, condición primordial para avanzar en la incorporación de NT en el sector. Dentro de este campo, el entrevistado menciona principalmente las oportunidades abiertas por las nanopartículas que nanoencapsulen productos, en particular los desarrollos orientados a combatir el cáncer.

Otra área relevante es el medio ambiente, aunque todavía las potencialidades en este sector se están explorando y no han logrado consolidarse. Las nanoarcillas u otros materiales para filtrado, conforman un campo con amplias oportunidades. Como se mencionó previamente existe un mercado importante para la nanoarcilla, dado que se produce en cantidad en la provincia de Buenos Aires.

Asimismo, también destaca la industria electrónica. Los principales desarrollos a potenciar en este campo se vinculan con los sensores: microsensores y nanosensores. Este es el caso, tan sólo para citar un ejemplo, de los detectores de metales para la industria alimenticia. Hay campos de la electrónica donde el ingreso de Argentina al desarrollo y producción enfrenta barreras considerables. Por ejemplo, el segmento de transmisores de dimensiones nanométricas, como los usados en celulares, se encuentra fuera del espectro nacional.

Otras aplicaciones con potencialidades son los nanoencapsulados para diversos productos como alimentos, productos de belleza y cosmética, y los usos en el packaging de alimentos (por ejemplo nanosensores y registradores sobre la cadena de frío, tiempos de transporte, contenido de oxígeno, contaminación, etc).

## iii. Entre las principales barreras al desarrollo del sector se encuentra la insuficiente escala del mercado nacional.

De acuerdo al entrevistado, la escala del mercado nacional es un limitante para el desarrollo de la NT. No obstante, no concibe esta barrera como infranqueable dado que esto está asociado, al menos en parte, a la tendencia a pensar exclusivamente en el mercado nacional, intentando replicar localmente productos e ideas concebidos en otros países. En ese marco, sugiere no acotarse a la escala de producción nacional y pensar en una escala regional incorporando la posibilidad de exportaciones.

Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo y desafíos futuros



Asimismo, debe tenerse en cuenta el carácter incremental de la NT. Aunque desde su aparición a nivel global generó muchas expectativas, debe considerarse que no es una tecnología disruptiva, sino que ofrece oportunidades para innovaciones del tipo incremental. En ese sentido, la NT no crea nuevos productos, sino que modifica la materia de los productos existentes para otorgarles nuevas funcionalidades o propiedades que mejoren sus prestaciones. Si bien estos cambios pueden generar, en algunos casos, productos novedosos que se diferencian marcadamente de las versiones anteriores, en la mayoría de los casos son resultados incrementales.

## iv. La compra pública puede actuar como un impulsor del desarrollo nanotecnológico en la Provincia.

Para que este instrumento sea efectivo para el fomento del sector debe priorizarse un enfoque donde el Estado financie e incentive el desarrollo tecnológico, desde su etapa más temprana, por parte de los grupos de investigación en estrecha asociación con el sector productivo. Para esto, los procesos de licitación en la compra pública no deben darse cuando el producto ya apareció en el mercado (situación que además en muchos casos lleva a abastecerse por medio de importaciones) sino que deben licitarse las tareas de investigación y el desarrollo de propuestas de grupos de investigación. En otras palabras, el esquema de licitación debe mutar desde uno donde compiten proveedores con productos ya existentes en el mercado, hacia uno donde el Estado define problemas específicos a resolver y licita propuestas de I+D en grupos e institutos de investigación, con propuestas para cubrir esa demanda.

Al actuar como comprador de una tecnología que hay que terminar de desarrollar, el Estado aísla de la competencia la etapa del desarrollo y genera un incentivo más para las tareas de I+D. A su vez, con este esquema de compra pública se direccionan los esfuerzos en I+D hacia las áreas prioritarias que defina el gobierno y se evitan así tiempo y recursos utilizados para concebir productos que, llegado el momento en que estén disponibles, no coinciden con las demandas públicas. Este tipo de intervención pública orientada hacia el desarrollo científico y tecnológico requiere una planificación estratégica por parte del Estado y la identificación de los problemas prioritarios a resolver.

## v. Para promover las innovaciones en NT es necesario que el Estado, entre otras cuestiones, contribuya a aminorar los riesgos propios de todo proyecto de investigación científico- tecnológico.

Como en todo sector innovativo, los desarrollos tecnológicos implican una alta cuota de riesgo e incertidumbre. Por lo tanto, para fomentar la inversión en NT, desde la etapa de I+D hasta el lanzamiento de productos al mercado, el Estado debe trabajar en aminorar estos riesgos afrontados por los sectores científico-tecnológico y productivo. A diferencia de otros sectores, en NT son necesarios en ocasiones varios años de formación, y actividades de investigación para determinar si el desarrollo es o no exitoso y si cumple con las funcionalidades esperadas.

Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo y desafíos futuros



El entrevistado resalta que existe una evidente tendencia de las empresas locales a innovar tecnológicamente a partir de la incorporación de máquinas. Es necesario cambiar esta concepción instalada en torno a que la única forma de incorporar tecnología en las empresas es a partir de la compra de equipos. Por un lado, una buena parte de estos dispositivos son importados, por ende, no son de producción nacional. Esta condición, asociada a proveedores de insumos y servicios extranjeros dificulta el ingreso de proveedores locales en la cadena de valor. Por otro lado, existen otras formas de innovar en nuevos productos y servicios, como es el caso de la NT, y la posibilidad abierta para modificar las propiedades de los materiales. En este sentido, se debe también derribar el mito de que incorporar tecnología implica una inversión muy grande.

### 7. Comentarios finales

Desde su aparición, la NT ha despertado grandes esperanzas en torno a las posibilidades de generar nuevos productos y satisfacer diversas demandas productivas y sociales. Estas expectativas se fundamentan en que la nanotecnología, al trabajar directamente sobre la materia y cambiar sus propiedades físicas y químicas a escala nanométrica, presenta un carácter transversal con numerosas aplicaciones para concebir bienes mejorados, a partir de nuevas funcionalidades y cualidades. Argentina, como otros países, ha buscado impulsar su desarrollo durante las últimas décadas a partir de la implementación de programas nacionales de Ciencia y Tecnología que contemplaban explícitamente el desarrollo de la NT. En el marco de estas iniciativas el país, y la Provincia en particular, cuentan con capacidades de I+D y cierto grado de desarrollo en aplicaciones productivas. No obstante la existencia de estas capacidades, el sector de NT mantiene aún un carácter incipiente, fundamentalmente en la esfera productiva, que se refleja en el bajo número de empresas que cuentan con productos desarrollados a partir del uso de NT.

Cuando el foco se pone en la PBA, se constata que, más allá del carácter incipiente de la NT, la Provincia explica buena parte de las capacidades existentes en ciencia, tecnología e innovación productiva del país. En lo que respecta al Sistema de Ciencia y Tecnología, la PBA cuenta con 50 Centros, Institutos o Laboratorios de investigación que cubren líneas de investigación en distintas áreas temáticas: salud (mayoritariamente), medio ambiente, energía, alimentos y electrónica. Cuando se analiza la distribución geográfica de estos Centros se destacan algunas características. Por un lado, existe una notable asociación directa entre la ubicación de los Centros y la presencia de universidades nacionales. Por otra parte, hay una importante concentración de Centros en el área Metropolitana, la cual contiene más del 80% de las instituciones con I+D en NT (con preponderancia de las instituciones o grupos dependientes de

Nanotecnología en la Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, aportes al desarrollo socio-productivo y desafíos futuros



la UNLP y UNSAM). El 20% restante se reparte entre la región centro, específicamente en las ciudades de Mar del Plata y Tandil, en asociación directa con la UNMDP y la UNICEN respectivamente, y en la región sur, específicamente la ciudad Bahía Blanca, en este caso sostenida por la presencia de la UNS. Asimismo, merece ser destacado que la CIC tiene presencia en 10 de los 50 Institutos, hecho que evidencia una vinculación directa de la Provincia en el desarrollo del sector.

En lo que respecta a las aplicaciones de NT en el sector productivo debe tenerse en cuenta que precisar el registro exacto de la cantidad de empresas es una tarea compleja por una serie de aspectos (entre ellos, definir qué se considera un desarrollo de origen nanotecnológico), y por los distintos criterios que deben tomarse (por ejemplo, si se consideran o no sólo empresas nacionales, si se exige o no que ya tengan el producto lanzado al mercado, o si se incluye o no el sector de nanoherramientas, entre otras cuestiones). Existen algunos registros elaborados en los últimos años que permiten aproximar el grado de desarrollo productivo de NT en Argentina que, debido a los aspectos mencionados y a las fuentes de información utilizadas en cada caso, no son uniformes en cuanto a la cantidad de empresas. Pero más allá de las divergencias, hay dos patrones comunes a resaltar. Por un lado, que el número de empresas sigue siendo bajo a nivel nacional. Por otro lado, que la PBA explica un gran porcentaje de estas empresas. Tomando los registros más recientes, se pudo construir un padrón de 25 empresas con asiento en la PBA sobre un total de alrededor de 63 empresas nanotecnológicas del país.

Si bien las empresas provinciales de NT están presente en varios sectores, se destacan los siguientes por tener una alta presencia relativa frente al promedio nacional: la industria alimenticia (12%), la industria farmacéutica (24%) y la industria química (24%), incluyendo productos de limpieza y cosmética.

Al igual que lo que ocurre con el SCTP, las empresas bonaerenses tienden a concentrarse en la Región Metropolitana donde se ubican 21 del total de 25 empresas. Si bien son varios los Partidos de dicha Región donde residen empresas nanotecnológicas, se destaca el municipio de San Martín con 7 empresas. Además existen empresas en el Nodo Sur y en el Nodo Centro, en particular en Bahía Blanca y Mar del Plata. La distribución territorial de las empresas replica la de los Centros de I+D, marcando la fuerte base tecnológica de los emprendimientos y la necesidad de articulación entre el sector productivo y el Sistema de Ciencia y Tecnología a escala territorial.

Por último es importante remarcar que, aún cuando se reconoce que la NT es un sector incipiente en términos de la cantidad de instituciones y empresas con desarrollos y productos nanotecnológicos, la Provincia contiene buena parte de las capacidades tecnológicas y productivas en NT existentes en el país. Por lo tanto, existen bases de conocimiento para impulsar



y avanzar en el desarrollo de esta tecnología en el territorio provincial en dirección a consolidar su desarrollo. Desde un punto de vista prospectivo pueden identificarse algunas áreas y oportunidades para avanzar:

- Para el desarrollo de la NT es necesario explorar las distintas potencialidades que se abren en todos los eslabones de la cadena de valor nanotecnología. Además de los productos finales nanoenriquecidos, existen posibilidades de avanzar en nanointemediarios y nanomateriales. Un punto para destacar es el referido a las materias primas nanotecnológicas que se pueden explotar en la Provincia y la incorporación de nanotecnologías a los procesos industriales. Un ejemplo concreto de ello son las nanoarcillas que se utilizan para la innovación en materiales con mejores propiedades y que se pueden encontrar en la provincia de Buenos Aires.
- La electrónica es otra área con oportunidades de desarrollo. En este sentido, el desarrollo de baterías de litio surge como un aspecto a considerar para el avance de la nanotecnología en la provincia de Buenos Aires. Esto se debe por un lado al potencial que brinda el uso de estructuras nanométricas (siendo lo que permite aumentar el desempeño de las baterías), y por otro lado, a que la provincia cuenta con varios sectores clave en su estructura productiva (automotriz y otros equipos de transporte, entre otros) que son demandantes de baterías de litio y que pueden contribuir a su impulso.
- La incorporación de la NT en el área de la salud, se destaca como un punto relevante a profundizar, en especial, aunque no exclusivamente, en la industria farmacéutica. El país y la Provincia cuentan con una industria farmacéutica consolidada, situación que facilita las condiciones para avanzar en la incorporación de NT en el sector. Como por ejemplo, entre otras líneas, se pueden promover y aprovechar oportunidades abiertas en el rubro de nanoencapsulados de diferentes principios activos, en particular los desarrollos orientados a combatir el cáncer. Como así también contribuir al impulso de y la optimización de dispositivos que empleen la NT para el diagnóstico de enfermedades.



#### 8. Glosario de abreviaturas

**ANPCyT:** Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

BET: Boletín Estadístico Tecnológico.

CABA: Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

**CABNN:** Centro Argentino-Brasileño de Nanociencia y Nanotecnología.

CAC: Centro Atómico Constituyentes.

CBNN: Centro Binacional de Nanociencia y Nanotecnología.

CIC: Comisión de Investigaciones Científicas.

**CICVyA:** Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas.

**CIECTI:** Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación.

**CIFICEN:** Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la provincia de Buenos Aires.

**CINDEFI:** Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales.

CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica.

**CONICET:** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

**CONAE:** Comisión Nacional de Actividades Espaciales.

CyT: Científico y Tecnológico.

EBT: Empresas de Base Tecnológica.

ECyT: Escuela de Ciencia y Tecnología.

**EMA:** Agencia Europea de Medicamentos.

**EPO:** European Patent Office.

**FONARSEC:** Fondos Argentinos Sectoriales.

FTS: Fondos Tecnológicos Sectoriales.

FAN: Fundación Argentina de Nanotecnología.

FDA: Administración de Medicamentos y Alimentos.

**FONCYT:** Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica.

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional.

I+D: Investigación y Desarrollo.

IFAS: Instituto de Física de Arroyo Seco.

INCUBAR: Red Nacional de Incubadoras.

**INIFTA:** Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas.

**INPI:** Instituto Nacional de Propiedad Industrial.

INS: Instituto de Nanosistemas.

**INTEMA:** Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales.

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

**IRAM:** Instituto Argentino de Normalización y Certificación (originalmente Instituto de Racionalización Argentino de Materiales: IRAM).

**ISO:** Organización Internacional de Estandarización.

**ISO/TC:** Comité Técnico dentro de la Organización Internacional de Normalización.

**ISO/TS:** Sistema de gestión de calidad que elabora la Organización Internacional de Normalización.

**MRAM:** Memorias Magnéticas de Acceso Aleatorio.

**MINCyT:** Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.



MINEYP: Ministerio de Economía y Producción.

NC: Nanociencia.

NT: Nanotecnología.

NP: Nanopartícula.

NS: Nanosistemas.

NMs: Nanomateriales.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarro-

llo Económicos.

PAE: Programa de Áreas Estratégicas.

PAV: Programa de Áreas de Vacancia.

PBA: Provincia de Buenos Aires.

PLADEMA: Laboratorio de Plasmas Densos Magneti-

zados.

**PLAPIMU-LASEISIC:** Planta Piloto Multipropósito-Laboratorio de Servicios a la Industria y al Sistema Científico.

PLAPIQUI: Planta Piloto de Química.

**PEN:** The Projetc on Emerging Technologies.

**PRIS:** Proyectos Regionales Integrados.

PyMEs: Pequeñas y Medianas Empresas.

Red NANODYF: Red "José Roberto Leite" de Divulga-

ción y Formación en Nanotecnología.

SECyT: Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innova-

ción Productiva.

SCTP: Sistema Científico y Tecnológico Provincial.

SCyT: Sistema Científico y Tecnológico.

TICs: Tecnologías de la Información y la Comunicación.

**TPG:** Tecnologías de Propósito General.

Tx: Telecomunicaciones.

**UA:** Universidad Austral.

**UBA:** Universidad Nacional de Buenos Aires.

**UNAHUR:** Universidad Nacional de Hurlingham.

**UNAJ:** Universidad Nacional Arturo Jauretche.

**UNC:** Universidad Nacional de Córdoba.

UNICEN: Universidad Nacional del Centro.

**UNLAM:** Universidad Nacional de La Matanza.

**UNLP:** Universidad Nacional de La Plata.

UNLU: Universidad Nacional de Luján.

**UNLZ:** Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

**UNMDP:** Universidad Nacional de Mar del Plata.

**UNO:** Universidad Nacional de Ouilmes.

UNO: Universidad Nacional del Oeste.

UNS: Universidad Nacional del Sur.

**UNSAM:** Universidad Nacional de San Martín.

**UTN:** Universidad Tecnológica Nacional.

Y-TEC: Empresa de tecnología creada por YPF (Yaci-

mientos Petrolíferos Fiscales) y CONICET.

**3iA:** Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental.



### 9. Bibliografía

- [1] https://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition.
- [2] Galo Soler Illia (2012). Libro: "Nanotecnología. El desafío del siglo XXI". Colección Ciencia joven Nro 38. Buenos Aires: Editorial EUDEBA.
- [3] Nanotechnology Products Database (NPD) (<u>www.product.statnano.com</u>).
- [4] https://www.nano.gov/you/nanotechnology-benefits.
- **[5]** Surtayeva y Hurtado (2019). Artículo: "Cambio tecnológico y capacidades políticas e institucionales: La trayectoria de la Fundación Argentina de Nanotecnología". Revista Estado y Políticas Públicas Nº 12. ISSN 2310-550X, pp. 97-122.
- **[6]** Andrini, L. y Figueroa, S. (2008). Artículo: "Governmental encouragement of nanosciences and nanotechnologies in Argentina". Revista: Nanotechnology in Latin America (pp. 27-39). Berlín.
- [7] Programa Áreas de Vacancias (PAV). Programa de Modernización Tecnológica II. Préstamo BID 1201/OC-AR. Bases Convocatoria PAV 2003.

http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/pav2003\_bases.pdf.

- [8] Vila Seoane (2011). Tesis de maestría: "Nanotecnología: su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial". Instituto de Desarrollo Económico y Social. Grupo Redes. UNGS.
- [9] Decreto 380/2005. Decreto 380, Boletín Oficial 30.643 del 29 de abril de 2005 con las firmas del presidente Néstor Kirchner y los ministros Alberto Fernández, Roberto Lavagna y Daniel Filmus. <a href="https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-380-2005-105874">https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-380-2005-105874</a>.
- [10] Surtayeva (2019). Tesis de doctorado: "Cambio tecnológico y capacidades políticas, institucionales y organizacionales: análisis de la evolución de la nanotecnología en la Argentina (2003-2015)". UNQ.
- [11] MINCyT (2012). Argentina Innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Lineamientos Estratégicos 2012-2015.

http://www.mincvt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/022/0000022576.pdf.



- [12] Barrere y Matas 2013). Indicadores de Micro y Nanotecnologías en Argentina 2012. Unión Europea.
- [13] ORBITA. Documento de Trabajo N° 1 (2020). "Biotecnología en Provincia de Buenos Aires: Capacidades del Sistema Científico y Tecnológico, Aportes al Desarrollo Socio-Productivo y Desafíos Futuros"
- [14] Lux Research Inc. (2004). "Sizing Nanotechnology's Value Chain", Statement of Findings: NY.
- [15] Záyago y col. (2015). Artículo: Empresas de nanotecnología en la Argentina. Realidad Económica.
- [16] Foladori y col. (2017). Artículo: Sectorial analysis of nanotechnology companies in Argentina. Journal of Nanoparticle Research, 19(6), 186.
- [17] Boletín estadístico tecnológico. BET-N°3. Nanotecnología. abril/junio de 2009.
   ISSN 1852-3110. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Buenos Aires, Argentina.
- [18] Informe: Quién es quién en Nanotecnología en Argentina. Edición II. (2012). Fundación de Nanotecnología (FAN). Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Buenos Aires, Argentina.
- [19] Estudios de consultoría en el sector nanotecnológico. (2016) "El futuro de las nanociencias y las nanotecnologías en Argentina". Estudio de prospectiva y vigilancia tecnológica. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Buenos Aires, Argentina.
- [20] López y Pascuini (2019). Incubación de empresas nanotecnológicas en la Argentina: una tipología de casos de innovación. Fundación CECE: Buenos Aires.
- [21] Tanaka (2019) Review. Mundo Nano. Regulación blanda, normas técnicas y armonización regulatoria internacional, para la nanotecnología. <a href="http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2020.24.69621">http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2020.24.69621</a> | 13(24), 1e-27e, enero-junio 2020.
- [22] Laura ElenaVidal Correa (2016). Artículo: "Análisis comparativo de la regulación en nanotecnología en estados Unidos y la Unión Europea." Boletín Mexicano de Derecho Comparado. Volume 49, Issue 147, 2016, Pages 277-301.